MANUALI HOEPLI.

GEOLOGIA

DI

ARCIMBOLDO GEIKIE

Direttore dell'Istituto geologico di Scozia
e Prof. di geologia e mineralogia nell'Università di Edimburgo.

Tradotta sulla terza edizione inglese

DA

ANTONIO STOPPANI.

CON 47 INCISIONI.

ULRICO HOEPLI,
LIBRAIO-EDITORE
MILANO,
NAPOLI PISA
1877.

INDICE.

—

NOTA DEL TRADUTTORE

Accettando l'incarico della traduzione di questo manualetto di geologia, ho inteso di rendere un omaggio all'autore cui da molti anni appresi a stimare come uno dei più grandi maestri della scienza ch'io professò; un attestato di stima all'editore U. Hoepli di cui apprezzo la solerzia nell'arricchire l'Italia di opere nazionali e straniere veramente utili e serie; un vantaggio al paese a cui non saprei suggerire un altro libro che insegni con pari serietà e chiarezza i principî fondamentali della scienza che narra la storia del globo.

Credo superfluo di segnalare le leggerissime modificazioni che io, col debito consenso, ho apportato al testo. Esse consistono quasi unicamente nella sostituzione di esempî presi dall'Italia, traducendo iò per gli Italiani, a quelli che l'Autore, scrivendo per gli Inglesi, doveva naturalmente pigliare a preferenza dalla Gran Brettagna. Mi credo piuttosto in dovere di av-

vertire il lettore che io, mentre professo la stima più intera all' Autore, non posso accettarne tutte, senza eccezione, le idee. Che le lave, per esempio, escano dai crateri liquefatte; che la vecchia ipotesi di Laplace possa ritenersi ancora come base razionale della cosmologia in genere e della geologia in ispecie, cavandone come corollario dimostrato, le irregolarità della crosta terrestre doversi riguardare come effetti della contrazione del globo causata dal suo progressivo raffreddamento (§§ 185 e 230); sono tutte idee che io, ben lungi dal dividere coll' Autore e colla quasi università dei geologi, ho combattute nel mio *Corso di geologia* al quale potrà rivolgersi il lettore nel caso che voglia aderire all' invito che gli è fatto in sì bel modo nella *Conclusione* di questo libretto col dirgli che esso ha inteso di condurlo soltanto *fino al varco da cui potrà ammirare la bella prospettiva dell' immensa regione entro la quale potrà a piacer suo inoltrarsi.*

A. STOPPANI.

PRIME NOZIONI DI GEOLOGIA.

INTRODUZIONE.

1. Una casa, fabbricata come quelle che servono d' ordinaria abitazione alla maggior parte di noi, è costrutta di materiali diversi e fra questi notasi invariabilmente la *pietra*. Guardate i muri, il focolare, le soglie, gli stipiti, gli architravi delle porte e dei camini, le grondaje; la pietra c' entra dappertutto. Ma la pietra onde è costrutta ciascuna di quelle parti della casa è d'ordinario di qualità differente da quella che è adoperata nel resto dell'edificio. I muri, per esempio, saranno fatti di macigno, di pietra calcarea o di mattoni; il focolare di beola; la gronda di pietra lavagna; il camino di marmo: ed eccovi subito un'altra sorta di pietra che si abbrucia, cioè il carbon fossile. Portatevi a passeggiare per le vie, e di qualità di pietre ne vedrete fin che vi piaccia. D'una pietra è il lastrico e d'un' altra, o meglio di mille altre, il selciato. Quante pietre d'ornamento sono poste in opera nelle botteghe

e negli edificî! Così, anche solo guardandovi d'attorno in casa o fuori, vi capacitate senz'altro che vi ha un gran numero di qualità diverse di pietre.

2. Se voi pigliate ad esaminarle con un pochino d'attenzione, vi apparirà ben tosto che quelle pietre sono assoggettate ciascuna ad un lavoro particolare, prima di esser poste in opera. Quelle che devono comporre la muratura sono scheggiate e modellate con scalpello e martello; i marmi del camino spianati e lisciati; le ardesie fesse in tante lamine. Vi hanno poi alcuni di quei materiali da fabbrica che ebbero a subire dei cambiamenti ancora più profondi. I mattoni, per esempio, non erano dapprima che altrettanti pezzi di duttile argilla; ma acquistarono quella durezza che è loro propria, facendoli cuocere nella fornace. Cuocendo al modo stesso la pietra calcarea, si fabbricò la calce che serve di cemento alle pietre ed ai mattoni che compongono la muratura. Il ferro, impiegato nella costruzione, non era in origine che una pietra d'un rosso oscuro o bruna; avendola messa a struggersi nel forno, ne uscì fuori metallo lucido e bianco.

3. Tutte quelle pietre però, per quanto l'una non si assomigli all'altra, si accordano in questo, che tutte senza eccezione furono trovate al disotto della superficie del suolo. Se vi piacesse di rifare la via per cui ciascuna di quelle pietre è venuta al suo posto, trovereste che il macigno od il calcare furono estratti dalle cave forse non molto discoste; che le ardesie furono cavate da qualche collina d'Inghilterra o di Francia; che i marmi furono strappati alle Alpi Apuane; che il carbon fossile viene dall'Inghilterra, dove lo si va a cercare, scavando la terra a grandi profondità; che i mattoni sono composti di un'argilla scoperta quasi a fior di terra in vicinanza del vostro paese.

4. E il vostro paese come si presenta? Sulla massima parte della sua superficie è disteso un manto di verzura, che scende sui fianchi delle pendici sparse di messi biondeggianti, e si allarga ai prati, ai boschi, ai frutteti, riempiendo ogni intervallo fra loro, precisamente come un tappeto che ricopre un pavimento. Ma quella vegetazione, col suolo sul quale è cresciuta, non forma veramente che un leggero mantello. Se avete bisogno di persuadervene, è presto fatto a pigliare lo zappone o a guardare senz' altro dove ci sia una cava di pietre, una fossa, uno scavo qualunque. Vedrete che il suolo vegetale non forma che uno strato superficiale il quale si deve già dire grossissimo quando arrivi a qualche metro di profondità. Al dissotto troverete sempre, qualunque ne sia la specie, una roccia. Come levando via il tappeto vi si mostra nudo il legno del pavimento; così, spogliando il suolo di quella scorza di terreno vegetale che lo ricopre, vi apparirà dovunque ignuda la roccia.

5. Su quel pavimento di pietra avete camminato ogni giorno. Esso si distende così da involgere il globo, formando del pari il fondo del mare e la superficie dei continenti. Ma desso non è già, come il pavimento della vostra casa, piano ed uguale. No: voi, sapete benissimo che la superficie del globo è irregolare; e mentre qui si distende in forma di larghe pianure, là si eleva, formando morbidi dorsi od aspre montagne.

6. Che dirò poi della meravigliosa varietà dei materiali che entrano nella composizione di quell' immenso mosaico? In quelli che si impiegano nelle costruzioni non siam soliti a vedere che un piccolo numero di varietà di pietre. Il legnaiuolo è contento quando può costruire il pavimento anche di una sola specie di le-

gname, purchè sia forte. Col pavimento di pietra, sul quale abbiam vissuto fino ad oggi, la cosa cammina ben altrimenti. I materiali vi sono disposti e aggruppati in un modo così irregolare e bizzarro, che quando voi li dipingeste ciascuno col suo colore sopra una carta geografica, potreste scambiare quel foglio per un modello molto complicato di un pavimento costosissimo.

7. È di questo gran pavimento di pietra che io voglio parlarvi nelle seguenti lezioni. Vi dirò come è costrutto, e quali siano le diverse parti di cui è composto. A prima vista vi sembrerà forse che non vi possa esser nulla nè di piacevole nè di interessante in questo argomento. Eppure vi deve interessare ad ogni costo. Voglio dimostrarvelo.

8. Pigliate una carta delle Isole Britanniche ed una matita per tracciarvi due linee. La prima di queste linee partirà da Liverpool e, attraversando tutta l' Inghilterra arriverà ad Harwich sulla riva del mare, toccando Stafford, Birmingham e Cambridge. L' altra linea misurerà tutta la larghezza della Scozia, cominciando all' isola di Skye e terminando a Montrose.

9. Supponete che due forestieri, i quali non conoscono affatto il paese, siano sbarcati sulla costa occidentale e, dopo aver attraversata l'isola, seguendo uno la prima, l'altro la seconda delle linee tracciate, si incontrino sul continente e stiano confrontando le note che ciascuno ha preso lungo il viaggio. Il viaggiatore che ha percorso la linea da Liverpool ad Harwich, dirà ad un dipresso così. « Ho attraversato l' isola quanto è larga, e sono rimasto di stucco nel trovarla così piana. Ci sono delle ondulazioni ; ma non una che meriti il nome di collina. Il paese è però quasi dovunque feracissimo : qui

campi di biade; là boschi o frutteti, poi pascoli sconfinati. Le case sono fabbricate di mattoni. Vaste città con un brulichio di popolo immenso, dove fiorisce ogni genere d' industria. Potei accertarmi che sopra vasti territorî gli abitanti traggono dal sotto suolo una gran parte delle loro ricchezze. Nel Cheshire esistono ricche miniere di salgemma. Nel Staffordshire v' ha un numero infinito di pozzi profondi da cui si estrae il carbon fossile e il minerale di ferro. Ma la Gran Brettagna mi parve adatta principalmente alla coltivazione del grano ed all'allevamento del bestiame. »

10. L'altro viaggiatore avrà una ben altra istoria da raccontare: « Io non so capire » dirà « come possiate voi farmi della Brettagna un paese di pianura. Ho attraversato l'isola dall' uno all' altro mare; voglio dire che sono sbarcato sulla costa dell' Inveness-shire, e sono andato ad imbarcarmi nel porto di Montrose. Di paesi bassi e piani mi ricordo appena d'averne visti. Monti e poi monti, alti e scoscesi, alternanti con valli profonde e dirupate. Qualche villaggio qua e là; ma di grosse borgate proprio nessuna, fino a che non ebbi raggiunto la costa orientale. Le case sono di pietra; di mattoni nemmeno lo stampo. Carbon fossile poi!... Sì ne ho visto; ma chi sa di dove veniva? Quella povera gente si accontenta per lo più di abbruciare la torba che si scava sui fianchi delle colline. Di miniere non ne ho viste in nessun posto: di manifatture poi non parliamone. La popolazione vi è molto scarsa, e m'è parso che si occupi principalmente di pastorizia. Se io dovessi giudicare dell' intera Brettagna da ciò che ho veduto co' miei proprî occhi, direi che è un' isola aspra, montagnosa, sterile, senza commercio, senza industria, buona per andarvi a caccia di

galli di montagna, fatta per la pastorizia e un pochino d'agricoltura. »

11. Non c'è che dire: e l'uno e l'altro dei due supposti viaggiatori avrebbero dato un'idea abbastanza esatta del paese; quella, s'intende, che l'esperienza avrebbe a ciascuno permesso di dare. Ma sì l'uno che l'altro si sarebbero ingannati a partito, quando si fosser dato a credere che si dovesse ritenere per una regione ciò che aveva osservato nell'altra.

12. Perchè dunque due porzioni dello stesso paese devono talmente differire tra loro? Perchè una regione è montuosa, l'altra piana? una fertile, l'altra sterile? una popolosa e ricca d'ogni maniera d'industrie, l'altra spopolata e buona soltanto per la pastorizia e la caccia?

13. *Una differenza così radicale tra le diverse parti della superficie del paese dipende dalla diversità delle pietre o rocce che si trovano in posto.*

14. Dovete ora aver inteso certamente che, se il carattere di un paese e de' suoi abitanti dipende dalla natura delle rocce che formano il sottosuolo, è molto desiderabile che voi possediate qualche cognizione intorno a queste rocce; che sappiate come si formarono; di che sono composte; perchè formarono piani e depressioni in un luogo, umili colli ed eccelse montagne in un altro. Il fornirvi queste cognizioni spetta alla *Geologia*.

DIFFERENTI SPECIE DI ROCCE.

15. Se io vi domandassi quante specie di libri avete osservati in vita vostra, credo che mi risponde-

reste non esser guari possibile di contarle. Ne avete visti di nuovi e di vecchi, di grandi e di piccoli, di rilegati in pelle, o semplicemente alla bodoniana. Quanti ne vedeste colla copertura di tela o rossa, o verde, o azzurra o d'altro colore! quanti con astuccio di cuojo, coperti di ricche dorature! alcuni erano stampati con caratteri minutissimi, altri con caratteri unciali; questi erano semplici e schietti; quelli illustrati con tutto lo sfarzo. Insomma, ci sarebbe un bel da fare a voler annumerare tutte quelle varietà di libri in cui vi siete abbattuti. Ma, se volete un pochino riflettere, non si tratta fin qui che di differenze affatto esterne. Ciò che vi ha di veramente importante in un libro, non è la legatura, o la carta, o la stampa, ma il contenuto, cioè le idee espressevi colle parole. Pigliate un'opera, e fatene un volumetto, stampandolo in caratteri minuti, od un grosso volume, adoperando grandi caratteri con grossi interlinei: potete arricchirlo di incisioni, o non mettercene affatto; legarlo in tela od in cuoio, o lasciarlo slegato. Fate quel che volete; ma l'opera sarà sempre la stessa.

16. Passando adunque dai caratteri esterni, puramente accidentali, a quelli che sono veramente proprî del libro, cioè sostanziali, troverete che non è poi sì grande il numero delle specie di libri, come ve lo imaginavate dapprima, molti di essi aggirandosi sulla stessa materia. Potete quindi se vi piace, fare di quei libri altrettanti gruppi, quante sono le materie sopra le quali si aggira ciascuno. La vostra piccola biblioteca vi presenta libri di grammatica, di storia, di geografia, di poesia, di viaggi, di racconti, e così via discorrendo. Riuscirete così a raggruppare sotto ciascuno di quei titoli, per esempio, cento libri, che si rassomigliano in questo, che trattano dell'istessa materia, nulla importa

se sieno antichi o moderni, piccoli o grandi, rilegati o sciolti.

17. Ordinando così i vostri libri, non già in base alle loro somiglianze esterne od accidentali, ma giusta la materia trattata da loro in comune, cioè secondo le loro sostanziali somiglianze, avrete stabilito quello che si chiama un *Sistema di classificazione*. Non importa che vi siano delle differenze tra i libri che vi capitano fra le mani; che siano scritti in inglese, francese, tedesco, latino, greco, piuttosto che in altra lingua qualunque. Fermi nel vostro sistema di classificazione, saprete ben collocarli ciascuno al suo posto, come l'esige la materia di ciascuno, sicchè vi sia facile in seguito di porre tosto le mani su quello che vi abbisogna.

18. Supponiamo che, invece di libri, dobbiate ordinare delle rocce secondo la loro natura. Cercherete di tirarvi in mente i nomi di tutte le rocce a voi note, e di fissare i caratteri di ciascuna. Forse comincerete ad ordinarle secondo il colore: nere con nere (per esempio il carbon fossile), bianche con bianche (per esempio il marmo statuario). Ma poi non tarderete ad accorgervi che così non va bene, perchè il marmo, supponiamo, talora è bianco, talora è nero. Non è dunque il colore quello che possa offrirvi un buon principio di classificazione delle rocce, come nol potè pei libri. Proviamoci se ci vien fatto di distinguerle in molli ed in dure. Ma, cominciato appena questo lavoro, trovate di dover mettere insieme delle rocce tanto diverse l'una dall'altra, che siete costretti a concludere non essere altro la durezza o la morbidezza che caratteri accidentali, esterni, come pei libri la carta e la stampa.

19. Bisognerà dunque trovare, per stabilire una classificazione delle rocce, dei caratteri reali, essenziali.

Come avete fatto coi libri? Ne avete esaminato il contenuto, e messili insieme, mano mano che, leggendoli, vi accorgeste che trattavan della stessa materia. Fate lo stesso coi sassi.

20. « Bella! » direte: « Dei sassi possiamo noi leggere il contenuto? La cosa dev' essere ben difficile. Le specie di rocce non sorpassano infinitamente di numero i libri? » Mai no! Vo' che sappiate non essere cosa così difficile come potreste immaginarvi il leggere il contenuto delle rocce, e che i tipi, sotto i quali si possono tutte aggruppare, si riducono ad un numero molto minore di quello dei libri.

21. Eccovi tre pezzi di sassi:

1. Un pezzo di arenaria.
2. Un pezzo granito.
3. Un pezzo di calcare.

22. Voi siete famigliari certamente con queste tre specie di rocce. L'arenaria (che si dice anche grès, macigno, molera) si adopera comunemente per farne
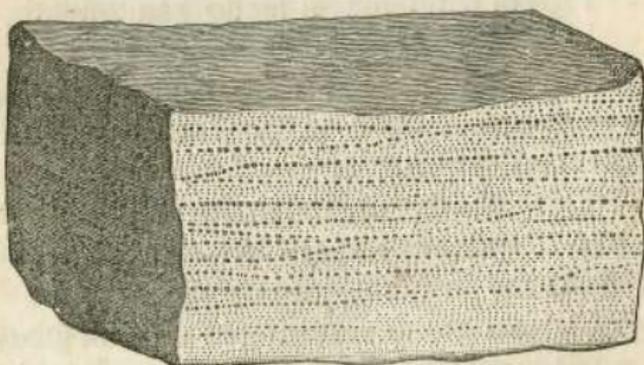
Fig. 1. — Pezzo d'arenaria.

muri, stipiti, focolari e davanzali alle finestre. Di granito (che si chiama volgarmente, serizzo, ghiandone, miarolo, sanfedelino, ecc. secondo le diverse qualità)

son fatte tante colonne tirate a lucido, tavole, lapidi, avelli. Il granito si adopera comunemente (per esempio a Milano) per lastricare le vie dei borghi e delle città. Il marmo di Carrara, che è un calcare, lo conoscono fino i bambini.

23. Pigliate in mano un pezzo di arenaria ed esaminatelo attentamente. Se non vi bastano gli occhi, pigliate le lenti. Prendete nota di tutti i caratteri che vi andrete rimarcando l'uno dopo l'altro. Farete naturalmente un po' d'attenzione al colore, poichè le arenarie, come i libri, possono essere rosse, bianche, verdi, gialle, o d'un altro colore qualunque. Maggiore attenzione porrete alla durezza relativa della roccia, trattandosi di un carattere più intimo; tanto più che forse nello stesso pezzo troverete una porzione durissima accanto ad un'altra molle e pulverulenta.

24. Se il vostro pezzo è ben scelto, sarete in grado di scrivere i caratteri seguenti:

1) Roccia composta di piccoli grani.

2) I grani sono più o meno arrotondati, ossia logori.

3) Raschiando la superficie della roccia i grani arrotondati si staccano, e si presentano allora come schietti grani di sabbia.

4) Esaminando attentamente, si osserva che i grani hanno tendenza a disporsi in file regolari le quali si sovrappongono in tante linee parallele.

5) Ciascun grano si distingue per una grossezza propria e per la materia di cui è composto. Molti sono bianchi od incolori, e si assomigliano a grani di vetro: alcuni sono come pagliuzze di un minerale che luccica come l'argento; altri sono molli e di vario colore. Ne avete alcuni che si toccano l'un l'altro entro la

roccia, e di quelli invece che sono l'uno dall'altro separati, per mezzo di una specie di duro cemento, che tutti li unisce, formandone un sol pezzo di roccia salda. È questo cemento appunto che dà all'arenaria ordinariamente il colore che la distingue, sia poi rosso, giallo, verde, bruno, purpureo o nero.

25. Per comprendere tutti i caratteri rimarcati in una definizione della vostra arenaria, potreste scrivere così: *roccia composta di grani logori ed arrotondati di varie altre rocce, disposti a strati.*

26. Avanti col granito! Vedrete subito che si tratta di tutt'altra cosa; ma con un po' di attenzione vi troverete ben presto in grado di scrivere così:

Fig. 2. — Pezzo di granito.

1) La roccia non contiene grani arrotondati.

2) È composta di tre specie di minerali, ciascuno dei quali ha una propria forma cristallina (Vedi *Prime nozioni di chimica*, § 23). Uno di questi, che si chiama *feldspato*, vi è posto dentro a giacere in cristalli ben definiti, a facce lunghe e levigate, di color carnicino o bianco-sporco, che si possono scalfire colla punta di un temperino, però con una certa difficoltà. Sono cristalli di feldspato quei rettangolati ad angoli vivi, scolpiti in bianco nella figura. Il secondo minerale è

il *mica,* che è sparso entro il granito in piastrelle lucentissime, che possono facilmente scalfirsi e, premendole, dividersi in foglietti sottilissimi e trasparenti. Se voi confrontate quelle lamelle brillanti colle pagliuzze argentine, già osservate testè nell'arenaria, vi accorgete subito che sono una stessa cosa. Il terzo minerale finalmente è il *quarzo,* duro assai, chiaro, vitreo, su cui il temperino non lascia nessuna traccia. Anche questo lo trovaste or ora entro l'arenaria, essendo appunto grani di quarzo i più che entrano a comporla.

3) I cristalli non presentano nel granito una disposizione regolare, ma sono sparsi alla rinfusa entro la massa.[1]

27. Vi hanno dunque dei caratteri che distinguono nettamente l' arenaria dal granito, il quale si può quindi definire come una *roccia composta di cristalli, non disposti in serie regolari, ma misti alla rinfusa gli uni cogli altri.*

28. Istituiamo finalmente lo stesso esame pel nostro pezzo di calcare. A prima giunta si direbbe che questa roccia non abbia nessun carattere ben distinto. È una roccia molle, bianca, friabile, che vi tinge le dita, e non pare composta nè di grani come l'arenaria, nè di cristalli come il granito.[2] Se volete co-

[1] Si nota però nei cristalli di feldspato una tendenza, talora molto decisa, al parallelismo.

[2] Avverto che l'autore qui descrive non uno dei calcari ordinarî, ma quello specialissimo che gli Inglesi indicano colla parola *chalk* specie di calcare pulverulento, simile nell'aspetto al gesso da lavagna, sviluppatissimo sulle coste della Manica, tanto dalla parte dell'Inghilterra come da quella della Francia, dove la chiamano *craie.* I geologi italiani l'hanno molto impropriamente tradotto col nome di *calcare della creta* o *creta bianca.* I calcari in Italia e in tutto il mondo sono in genere rocce compatte, bianche, come il marmo di Carrara, o varicolori, come la maggior parte dei marmi.

noscere la vera struttura del calcare, vi converrà ricorrere alle lenti, od anche al microscopio. Pigliatene un pezzetto e sfregatelo con una spazzolina in guisa che la polvere, la quale se ne stacca, cada entro un bicchier d'acqua limpida. Agitate un tantino il bicchiere, poi lasciatelo lì fin che vediate formarsi uno strato di posatura sul fondo. Allora versate via l'acqua e, messo un pochino di quel fango sopra una lastrina di vetro, accostate le lenti o il microscopio. Vedrete allora se il calcare non presenta dei caratteri molto spiccati, tra i quali potrete notare i seguenti:

1) La roccia, che vista ad occhio nudo sembrava assai più uniforme dell'arenaria e del granito, è composta infatti di particelle, le quali, se si rassomigliano nel colore e nella composizione, presentano però delle forme svariatissime.

2) Quelle particelle non sono che piccolissimi testacei, pezzi di coralli o di spugne, o granelli bianchi in cui si riconosce evidentemente un tritume di conchiglie. Voi ne vedete molti di questi grani del cal-
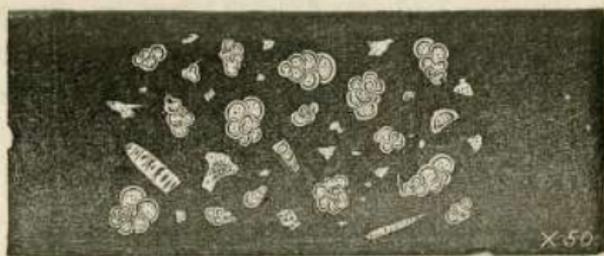
Fig. 3. — Particelle del così detto *calcare della creta* guardate al microscopio.

care nella figura 3, come li vedreste davvero quando guardaste i pulviscoli staccati dalla roccia sotto un ingrandimento microscopico di 50 volte il vero. Guar-

dando poi la massa della roccia, come si presenta in sito, vi osservereste facilmente sepolte delle conchiglie più grosse, conservatissime, dei ricci di mare, e reliquie di altri animali marini.

29. Il calcare può dunque definirsi come una *roccia formata di reliquie di animali.*

30. Esercitatevi nell' indicato genere di analisi, finchè troverete di poter distinguere facilmente gli indicati caratteri nelle diverse rocce che verrete man mano esaminando. Non andrà molto che vi accorgerete di questo gran fatto, che le tre rocce esaminate rappresentano tre grandi gruppi di rocce, e che ad uno di essi possono ascriversi quasi tutte le rocce che compongono il globo. Perciò voi, una volta in possesso della natura di tre soli pezzi, uno di arenaria, un altro di granito e un terzo di calcare, e del modo con cui ciascun pezzo si è formato, possedete in voi stessi i fondamenti di una scienza la quale vi dirà come nacquero le rocce, le montagne, le valli e i continenti.

31. Ad onta del numero, che si direbbe infinito, di rocce diverse onde il globo è costrutto, sapete già che tutte si riducono ad un piccol numero di classi. Non avete che da attenervi ai principî di classificazione stabiliti, e tutte le rocce andranno a collocarsi da sè nel gruppo a cui appartengono. Non dovete punto bisticciarvi nè colle forme meramente esterne nè coi colori, ma studiare la natura della roccia, poi domandare a voi stessi, se quella roccia va collocata piuttosto nel gruppo delle arenarie, che in quello del granito o del calcare.

COME E PERCHÈ SI DEBBANO STUDIARE LE ROCCE.

32. Ma se tutta la vostra abilità deve fermarsi a questo, d' esser capaci di classificare le rocce secondo le divisioni stabilite, non so proprio se possa valer la pena di studiarle. Farete come quel tale il quale è valente, fin che si tratta di ordinare una biblioteca in guisa che ciascun volume trovi lo scaffale, lo scompartimento che gli conviene, e sia pronto sempre quando occorra: ma che poi, tutto lieto di quell'ordinamento puramente sistematico, si guarda bene dall' aprire un sol volume per conoscerne il contenuto.

La classificazione delle rocce, dei fiori, degli uccelli, dei pesci, o di altri oggetti naturali, per sè stessa non vale più di quello che vale l' ordinamento di una libreria; a meno che non vi ajuti a proceder oltre per comprender meglio la natura degli oggetti classificati e i rapporti che esistono fra essi.

33. Quest' uso di classificare gli oggetti che si vanno mano mano scoprendo, serve di base ad ogni vera scienza. Il progresso non è altrimenti possibile: saremo sempre in un labirinto, senza saper che fare degli oggetti trovati. Sarebbe come girare in una grande biblioteca, cercando di educarsi, in mezzo a gallerie e scaffali tutti carichi di pile di volumi, scritti in tutte le lingue, che trattano di qualunque materia, ma dove tutto è disordine e confusione.

34. Vediamo adunque a cosa si può riuscire colla classificazione delle specie di rocce di cui è pieno il

globo, e che si direbbero a prima giunta infinitamente numerose.

35. Eccoci di nuovo fra le mani i nostri tre pezzi — arenaria, granito e calcare — con cui vogliamo confrontare altre rocce. Andiamo fuori di porta a cercare il primo pozzo, o petraia, o frana, uno scavo insomma naturale o artificiale, che ci permetta di esplorare il sottosuolo. Troveremo in un luogo uno scavo di argilla, in un altro una cava di arenaria, poi una trincea di ferrovia che taglia il calcare, ovvero una spaccatura naturale nella rupe, sul cui fondo scorre un torrente. Non ci preoccuperemo punto della natura dello scavo, purchè possiamo vedere ad ogni modo ciò che sta sotto alla superficie del suolo, e che sarà naturalmente una specie, od anche più specie di rocce.

La pratica vi insegnerà ben presto che non vi ha roccia la quale non possa collocarsi in una delle tre classi stabilite nella lezione precedente. Troveremo, per esempio, che a molte rocce conviene, quanto ai caratteri fondamentali, la descrizione che abbiamo fatta dell' arenaria. Queste le collocheremo tosto accanto al nostro pezzo di arenaria. Un'altra serie numerosa di rocce andrà nello scomparto delle rocce composte in tutto od in parte di reliquie di animali o di piante, e si troveranno con quel tal pezzo di calcare. Finalmente troveremo anche un gran numero di rocce le quali, formando altrettanti ammassi di cristalli, qualunque ne sia la natura, andranno a collocarsi vicino al granito.

36. Così sarete andati raccogliendo il maggior numero possibile di saggi delle masse rocciose che giaciono sotto il suolo del vostro Comune, od anche, se occorre, dell'intera provincia o di tutto il regno. Avrete dunque appreso, per esempio, che una lunga catena di colline, che

attraversa tutta l'Inghilterra, dalle coste del Dorsetshire a quelle del Yorkshire, è composta di quel calcare che si chiama *creta bianca*, e che un'altra parte del paese si appoggia sopra delle rocce che, sotto parecchi rapporti, si assomigliano al suddetto calcare. Saprete presto del pari che una gran parte della Brettagna è composta di rocce simili in tutto al vostro pezzo di arenaria; per esempio i colli e le valli della Wales, del Lancashire e della Scozia meridionale; e, se vi inerpicate sulle vette di alcune fra le montagne più elevate, come il Ben Nevis, vedrete che constano di saldo granito, affatto somigliante a quello che tenete fra le mani, o di altre rocce che appartengono alla classe del granito.

37. Comincerete allora ad accorgervi che quelle diverse specie di rocce non sono sparse a casaccio nel paese; ma che ciascuna ha il suo posto in corrispondenza colla natura dei monti e delle valli dove si rinvengono.

38. Ma c'è ben altro da apprendere appena vogliate prestar attenzione alla cosa. Domandate alle rocce in che modo vennero ciascuna a formarsi, e vi prometto che una risposta, più o meno esplicita, a poco a poco ve la daranno tutte. Esse possono veramente paragonarsi ai libri, ciascuno dei quali ha la sua storia da raccontarvi.

39. Non vi deve dar uggia la lettura dei libri di storia. Anzi è un divertimento quello di tener dietro ai cambiamenti che si operarono anticamente nella vostra patria, e di sapere quali battaglie vi si diedero, quali leggi vi si promulgarono, e come grado grado vi si andarono cambiando i costumi. E certamente avete capito che, quanto più andavate conoscendo gli

antichi eventi, tanto più vi riusciva di addentrarvi nella cognizione delle cause dei costumi attuali e delle presenti istituzioni.

40. Orbene; la solida sfera che voi calpestate, ha la sua storia, come l'umanità che si svolse sulla sua superficie. Prendete la Brettagna, per esempio. Voi dovete aver sentito che una volta gran parte di questa regione, come gran parte dell' Europa e del Nord-America, fu sepolta sotto al ghiaccio, come lo è oggi stesso la Groenlandia. Eppure prima di quel tempo la Brettagna era ombreggiata da boschi di palme e d' altre piante tropicali. Ma prima ancora sul suo dorso gravava l'oceano profondo; e vi furono tempi più remoti ancora, in cui questa terra era paese di vergini foreste e di vaste paludi o fondo di antichi mari. Non vi sarà impossibile, vi accerto, di tenere il filo di una storia così curiosa, rimontando dal presente al passato, e di conoscerne gli episodî con certezza non minore di quella che possedete circa le imprese di Giulio Cesare o di Guglielmo il Conquistatore.

41. Sì; la storia delle antiche rivoluzioni del globo è scritta sulle pietre che voi calpestate. Imparando a conoscere ciò che erano un tempo queste pietre, come si formarono, e perchè divennero quali le vedete in oggi, avrete appreso in pari tempo a decifrare una parte della storia del globo. Non v' ha bricciolo della più comune tra le rocce, che non abbia il suo brano di storia da raccontarvi. Se non siete stati in forse quando si trattava di ingojarvi l'uggia dell' imparare a leggere, in vista di tutte le cognizioni che avreste potuto guadagnare dai libri; non dovete nemmeno dubitare di non essere risarciti di tutte le noje che doveste per avventura sopportare per imparare a leggere le pietre.

La storia del globo vi è scritta in una lingua facile e chiara, di cui non durerete fatica a rendervi padroni, se avete un pochino di pazienza. Una volta poi che arriviate a tanto, oh! v' assicuro che non potrete più rimanervi a quanto si può leggere nei libri. Incessante e sempre crescente diletto vi darà l' uscir fuori a cercare le cave, i letti dei torrenti, il lido del mare, ovunque le rocce si mostrino alla superficie, interrogandole per sentire che cosa hanno da narrarvi circa le antiche rivoluzioni del globo.

42. Lo scopo del presente libretto è quello di porvi in grado di interrogare in questo senso tutte le pietre, ossia le rocce che vi cadranno per avventura sotto gli occhi. Comincieremo colle nozioni più semplici, richiamandovi ad ogni passo a cose che vi sono già famigliari. Su questa via sentirete di progredire con passo sicuro e giudizioso, e vi troverete alla fine capaci di continuare voi stessi ad interrogar la natura, senza molto bisogno di ricorrere ai libri od agli amici. Aggiungendo poi l' osservazione di ciò che si va compiendo giorno per giorno nel letto di un fiume o sul lido del mare, intenderete gli avvenimenti che si succedettero nelle età più remote, e sarete capaci di decifrare, quale è scritta sulle rocce, l' istoria meravigliosa della terra, che la geologia ha per scopo di studiare e raccontare.

ROCCE SEDIMENTARI.

I. — CHE COSA È SEDIMENTO.

43. Abbiam già fatto un discreto cammino sulla via d' intendere che cosa sono le rocce. Abbiamo ap-

preso che esse portano in sè scritta la storia delle antiche rivoluzioni del globo; che noi possiamo leggerla; ma che, per progredire in questo studio, è bene di distribuire le rocce che vogliamo studiare in diversi gruppi. Abbiamo anche imparato che possono dividersi in tre gruppi o classi, ciascuna delle quali è distinta da un certo numero di caratteri ben decisi.

44. Bisogna dare un nome a ciascuno dei tre gruppi. Potremo distinguerli così: *gruppo delle arenarie, gruppo dei calcari, gruppo dei graniti.* Ma preferiremo altri nomi già consacrati dall' uso. Le rocce che hanno i caratteri dell' arenaria le chiameremo *rocce sedimentari.* Chiameremo *rocce organiche* quelle che, come il calcare della creta, sono composte di reliquie di piante e d' animali. A quelle che hanno i caratteri del granito, riserveremo il nome di *rocce ignee.* Vedremo in seguito il perchè di questi nomi o aggettivi.

45. Il nome di roccia venne applicato a qualunque pietra naturale, senza tener conto nè della loro durezza nè della loro morbidezza. In questo senso sono *rocce* le sabbie, le argille, il fango, la torba, del pari che l' arenaria, il calcare e il granito.

46. Ora è di prima evidenza che ciascuna di quelle classi, già ben distinta dalle altre, deve avere la sua storia particolare; che ciascuno di quei gruppi, in cui può dividersi ciascuna classe, deve anche avere la sua storia particolare, che infine ciascuna specie di pietra o di roccia, dovette formarsi in modo diverso da quelle di un altro gruppo da cui interamente differisce. Facciamoci dunque a passare in rassegna le diverse classi, cominciando dalle *rocce sedimentari,* da quelle, voglio dire, che hanno una più o meno stretta affinità coll' arenaria.

47. Ma prima intendiamoci sul valore della parola *sedimentare*, e sulle ragioni della sua applicazione alle rocce. Prendiamo pertanto un bicchier d'acqua e vi lasciam cadere un pizzico d' arena. Essa precipita immediatamente sul fondo, e vi rimane anche se si agiti l'acqua vigorosamente. Allora copriamo col palmo della mano il bicchiere voltandolo alternatamente in su e giù in modo che acqua e arena formino una sola miscela. Appena si cessi, e si ponga il bicchiere di nuovo sulla tavola, ecco l'arena che si è raccolta tutta sul fondo, formandovi uno strato. Quella posatura è un *sedimento d'arena*.

48. Invece d'arena, lasciam cadere della sabbia nel bicchiere e dopo, averlo agitato come testè, lasciandolo riposare, troviamo che per alcun tempo l'acqua sembra tutta sporca. Ma aspettate qualche minuto, e la sabbia si sarà raccolta tutta sul fondo, formando uno strato sotto l'acqua. Quello strato è un *sedimento di sabbia*.

49. Prendiamo ora un pochino di fango o d'argilla, invece della rena o della sabbia, e scuotiamo ben bene il bicchiere, finchè quel fango o quell'argilla formino coll'acqua una cosa sola. Riposto il bicchiere sulla tavola, non c'è verso che l'acqua si veda schiarirsi. Ma tornate a guardare dopo qualche ora, ed ecco che l'acqua non è più così sporca, ed una posatura comincia a formarsi sul fondo del bicchiere. Se la lascerete stare quanto basta, vedrete che lo strato di posatura si andrà ingrossando, mano mano che l'acqua va riacquistando la sua limpidezza. Quello strato è un *sedimento di fango*.

50. Si dà nome adunque di sedimento a qualunque materia che, dopo essere stata sospesa nell'acqua,

o tenuta da essa in movimento, si depone al fondo. Quanto più il materiale è grosso e pesante, tanto più presto cadrà al fondo, cioè formerà un sedimento; mentre se fosse più fino e leggero, dovrebbe rimanere in sospensione nell'acqua più lungo tempo.

51. Rocce sedimentari si diranno naturalmente quelle che sono composte di sedimenti: e siccome i sedimenti possono essere più fini o più grossolani, così si distingueranno per queste diversità diversi gruppi o specie di rocce sedimentari.

52. Eccovi sotto gli occhi tre pezzi rappresentanti tre specie di rocce sedimentari:

1) Un pezzo di *conglomerato* o puddinga (Fig. 4).

2) Il pezzo di *arenaria* che avete già osservato (Fig. 1).

3) Un pezzo di *schisto* (Fig. 5).

53. Esaminate il primo. Esso è composto di piccoli ciottoli arrotondati, legati insieme da saldo ce-
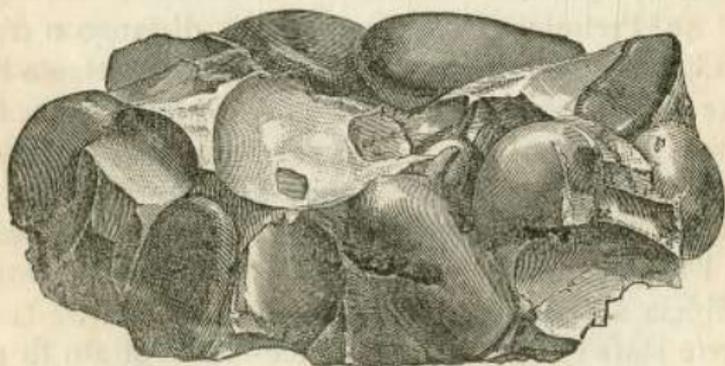
Fig. 4. – Pezzo di conglomerato o puddinga.

mento. Separando quei ciottoli, e facendone un mucchio, troverete che gli è precisamente un mucchio di arena o di ghiaja. Dunque, non c'è dubbio: quella

puddinga è un po' d' arena indurita; un' arena affatto simile a quella che voi potete raccogliere sul lido del mare, o nel letto di un torrente. Se volete poi sapere perchè si chiamino puddinghe i conglomerati, vi dirò che li chiamano così perchè i ciottoli stanno insieme come i frutti in quel pasticcio che anche noi chiamiamo, con nome inglese, *plum pudding*.

54. Prendete adesso il pezzo di arenaria, e sottoponetelo ad un nuovo ésame. Non avete mai visto nulla che si rassomigli ai grani di cui è composto? Voi rispondete che vi hanno dei grani di sabbia, come se ne incontra dappertutto. Benissimo! Difatti l' arenaria non è altra cosa che della sabbia cementata in guisa da formare una pietra. Portandovi sul lido del mare o nel letto di un ruscello o di un torrente, potrete raccogliere della sabbia come questa, e se riuscite a farne una massa compatta, avrete fabbricato un'arenaria.

55. Quanto al terzo pezzo non è sì facile mettere in evidenza gli elementi di cui si compone. Ma prendete un temperino, e staccate con esso un pezzettino dalla roccia, e cercate di spappolarlo con qualche goccia
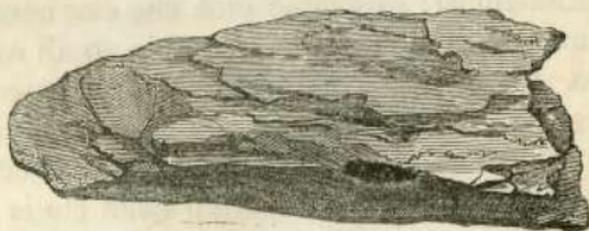
Fig. 5. — Pezzo di schisto.

d' acqua. Vi riuscirà così una specie di pasta, che poi metterete in un bicchier d'acqua, dimenandola ben bene. L' acqua si farà torbida, e tale si manterrà per lungo tempo. Ma lasciando in disparte il bicchiere per

qualche ora, l'acqua vi apparrà limpida come prima. Quello poi che voi avevate ridotto in una pasta fangosa, si trova deposto in fondo al bicchiere, come posatura o sedimento, e non è che fango. Lo schisto altro non è dunque che una roccia composta di sedimento fangoso, precisamente come la puddinga è composta di un sedimento grossolano di ghiaja.

56. Vedete adunque che questo termine di rocce sedimentari è molto ben scelto, per indicare le rocce formate da un sedimento qualunque, fino e grossolano. Considerando ora tutti e tre insieme i pezzi esaminati, capirete che vi restano due cose a sapersi a loro riguardo. In primo luogo come si formò il sedimento da cui risultarono queste rocce? in secondo luogo come esso sedimento si cementò ed indurò in guisa da formare una salda roccia?

II. — COME SI FORMANO LA GHIAJA, LA SABBIA E IL FANGO.

57. Abbiam fatto il primo passo nello studio delle rocce sedimentari: sappiamo cioè che esse constano di un sedimento, di ghiaja, per esempio, o di sabbia, o di fango. Il secondo passo a farsi è di sapere d'onde possa esser derivata la materia del sedimento, e come esso si formò. Se si riesce a questo è certo che ci saremo già di molto addentrati nella storia di queste rocce. Qui, come sempre in somiglianti materie, sarà bene rimontare ai principî. Tra i fenomeni che si compiono oggigiorno, ce ne ha alcuno che possa darci lume a conoscere quello che cerchiamo? Bisogna partire anche qui dall'osservazione di ciò che avviene al presente, per meglio intendere ciò che av-

venne in passato. Si producono attualmente ghiaje, sabbie e fanghi?

58. Un po' d'attenzione e vedrete che tra la ghiaja e la sabbia non c'è altra differenza che quella della grossezza dei materiali di cui ciascuna è composta. I componenti la ghiaja sono pietre piuttosto grosse, ossia ciottoli; mentre la sabbia consta di grani minuti. Ciò vi apparirà evidente, quando vogliate guardare un pizzico di sabbia con una lente assai forte; mentre in questo caso i grani di sabbia vi appariranno così grossi, come si vedono ad occhio nudo i ciottoli componenti la ghiaja. Osservate che anche il granello di sabbia è, come il ciottolo, logoro, arrotondato, e mostra talvolta la superficie guasta e picchiettata al pari di qualunque ciottolo che fosse preso da un mucchio di ghiaja. Più vi starete ad esaminare di questa maniera la sabbia, e più rimarrete convinti che sabbia e ghiaja sono la stessa cosa, con questa sola differenza che l'una è più fina, l'altra più grossa.

59. Portandovi a fare gli stessi confronti sul lido del mare, o nei letti dei fiumi, potrete, per più facile via, arrivare a questa conclusione che la sabbia e la ghiaja non differiscono fra loro che per la grossezza dei grani di cui sono composte. Qui infatti non avete che a chinarvi per raccogliere, come vi piace, od un pugno di sabbia finissima, od una manata di sabbia grossa, poi un'altra di arena o di ghiaja composta veramente di ciottoletti e ciottoli arrotondati, e così di seguito, finchè, senza mutar posto, vi troverete in mano dei ciottoloni grossi come la vostra testa. Donde sono essi venuti quei frantumi di rocce? chi li ha così spezzati e poi arrotondati, lisciati, e fatto di tutti un mucchio qui, dove si trovano al presente?

60. Ebbene, andiamo in su per la valle fin presso le cime dove il fiume ha le sue sorgenti, e badiamo a quello che avviene. Se le rocce componenti le sommità sono dure e tenaci, noi vediamo le sommità stesse levarsi sopra la regione dei colli in balze e creste, da cui scendono saltellando i ruscelletti, che più basso si incontrano e si fondono insieme l' un dopo l'altro, finchè ne risulta un torrente che rapido scorre giù per la valle. Ma occhio alle rupi! badate come son fesse e tutte guaste dalle pioggie e dal gelo. Come avvenga un tal guasto ve lo ha detto o ve lo dice l'altro libretto (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 126-142). Qui bisogna considerare gli effetti e le conseguenze di quella rovina.

61. Supponiamo, per chiarire l'argomento che una rupe tra le altre spicchi pel suo colore brillante: fissiamo, per esempio, una scogliera di color rosso. È adunque una serie di rupi rosse che si slanciano ardite sopra una serie di colli minori e sovrastano ad un lungo pendìo da cui si precipita il torrentello che voi vedete giù, giù, lontano, lontano, smarrirsi come un filetto d'argento attraverso il verde de' prati. La scogliera è profondamente guasta dal tempo. Le pioggie e il gelo ci lavorano da secoli, e ormai non è che un labirinto di crepacci e burroni (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 142) i quali, quando il cielo imperversa, si cambiano in altrettanti torrenti, che, bianchi di spuma, si buttano furiosi giù per la china, seco trascinando nella loro rabbia i liberi frantumi di roccia ed il terriccio che incontrano per via.

62. Noi ci arrampichiamo colle debite cautele sui fianchi della rupe, finchè ci sia dato di ficcare lo sguardo entro quei crepacci scavati dal gelo, entro quelle gole

che divengono torrenti, e poi discenderemo fino alla base della montagna. Tutto il pendio al disotto è sparso di frantumi delle rupi sovrastanti. Alcuni sono massi smisurati ed informi; ma altri moltissimi, formano un rocciame più fino, che si move e sdrucciola sotto ai nostri piedi, e finirà a trovarsi, a lungo andare, sul fondo della valle.

63. Osservate e vedrete che a ciascuna di quelle gole, che sono a volte a volte spazzate dai torrenti, corrisponde una lavina composta di quello scorrevole tritume. Potete voi dubitare che ciascuno di quei frammenti di roccia rossa un giorno non facesse parte delle rupi sovrastanti? Ch'è tutto materiale il quale venne lentamente staccato dalla roccia matrice e portato giù lungo i torrenti fino al fondo? Che insomma, se vi fosse dato di ricollocare tutti quei sassi al loro posto, tutte le gole sarebbero riempite, e sarebber le rupi ricomposte tal quale erano in origine?

64. Il pendio ci invita a discendere entro il letto di un torrentello, tutto ingombro di frammenti staccati dalle nostre rupi. Prestiamo attenzione a quanto ci si offre lungo la via. I rossi frantumi si distinguono perfettamente in mezzo agli altri o neri o grigi, che furono per avventura staccati da altre creste, composte d'altre rocce. Guardandoli attentamente, troverete che i sassi i quali sono sparsi sul pendio percorso sono più o meno angolosi, sono cioè terminati da facce piane e spigoli taglienti. Quelli nel torrente invece non sono nè sì aspri, nè sì acuti sui margini. Continuate a discendere lungo il torrente fino alla valle giù in fondo, sempre guardando i ciottoli. I grossi di color rosso sono diminuiti di numero, e inoltre sono tutti più arrotondati e logori di quanti si trovavano più in sù

verso la rupe da cui tutti si sono dipartiti. Il liscio e la perdita degli spigoli è andato crescendo, e ne troverete di quelli che sono già bene arrotondati. Se non vi stancate di discendere fin giù dove il fiume ha abbandonato qua e là dei banchi di ghiaja, voi scoprirete ancora i vostri sassi rossi; ma così erosi e rotondi che non si distinguono più in nessun modo da quelli che compongono le ghiaje ordinarie dei torrenti e dei fiumi.

65. Allo stesso modo, sempre seguendo il corso del fiume, vedrete la ghiaja farsi mano mano più fina, finchè è divenuta sabbia. Guardate pure quella sabbia colla lente, e non tarderete a distinguere tra i grani arrotondati d'ogni colore, i rossi, che erano ciottoletti e ciottoli testè nella ghiaja, ed ora sono granelli, benchè in origine siano tutti porzioni ugualmente staccate dalle rupi rosse che son lassù torreggianti sui colli minori.

66. Sapete voi in che modo quei ciottoli sono venuti mano mano facendosi piccoli e rotondi? Che cos'è questa forza che il fiume esercita sui materiali che gli compongono il letto?

67. Se a guardare il fiume voi ci andate soltanto col bel tempo, quando l'acqua è bassa e debole la corrente, non vi sarà facile di formarvi una giusta idea della potenza dell'acqua. Tornate a vederlo quando una pioggia diluviale ha cambiato in altrettanti spumosi torrenti le gole confluenti; quando ogni ruscello, gonfio d'un tratto, giù corre all'impazzata per la valle, sicchè il fiume tosto riempie il suo letto, ed anche ne trabocca. Voi non potrete no allora vedere i ciottoli sul fondo; ma ben li sentirete se avrete orecchio per ascoltare. Quel rumorio sì forte, come di corpi insieme rotolati, è prodotto dai ciottoli che a vicenda

si incalzano, si urtano, si acciaccano, rotolati sul fondo in balia della corrente. Intanto gli è come si trovassero sotto una macina; poichè, rodendosi l'un l' altro, perdono naturalmente i loro spigoli, le loro facce sono
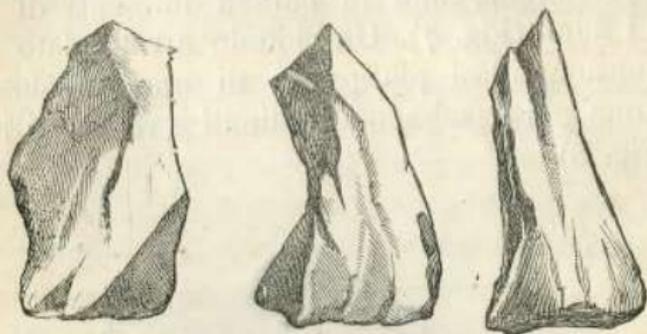
Fig. 6. — Sassi appena staccati da una rupe per effetto delle piogge o del gelo, e abbandonati alla corrente.

levigate, rodendo e levigando essi medesimi le rocce componenti il letto del fiume che giù li trascina.

68. Le pietre, che eransi dapprima staccate dalla montagna, quando caddero e furono dall'acqua por-
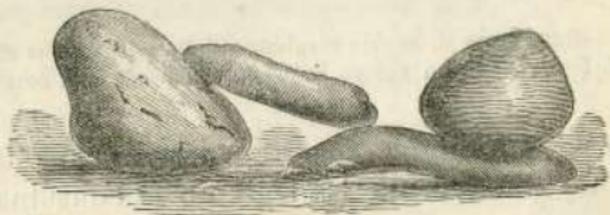
Fig. 7. — Gli stessi, disegnati nella figura precedente, ma dopo esser stati per un certo tempo rotolati dal fiume.

tate nel torrente, non erano, se ve ne ricorda, che massi angolosi o schegge (Fig. 6). Lasciate soltanto che abbian fatto un po' di strada, trascinati dalla corrente, ed abbiano assaggiato un certo numero di piene,

e poi vedrete quanto conservino della loro nativa rozzezza. Logori e smerigliati come abbiam visto, non tarderanno ad assumere forme tondeggianti, per convertirsi ben presto in veri ciottoli, come quelli che veggonsi ammucchiati in cumuli immensi di ghiaja lungo i fiumi (Fig. 7). Un ciottolo arrotondato andrà poi consumandosi più presto di uno angoloso; ma tutti sono poi ugualmente destinati a risolversi in sabbia (Fig. 8).
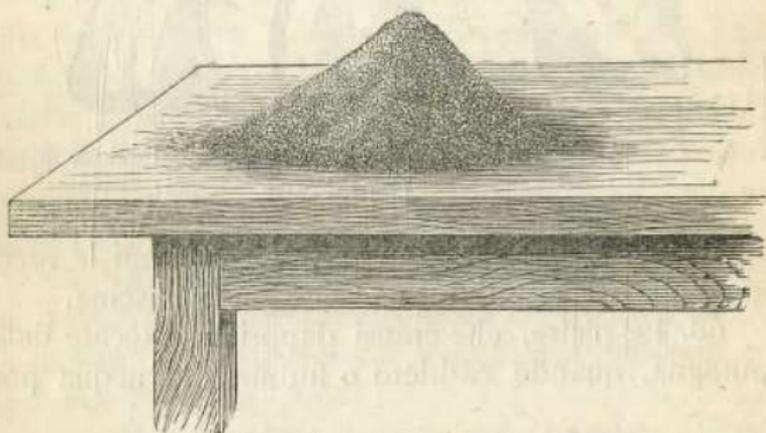
Fig. 8. — Mucchietto di sabbia risultante dalla triturazione dei ciottoli (Fig. 6-7) rimasti un tempo sufficiente in preda alla corrente.

69. Così adunque, mentre i ciottoli si arrotondano, divengono più piccoli. Nè soltanto si consumano fra loro, ma vanno anche insieme rodendo le sponde e il fondo roccioso della corrente. Dev' essere una bella quantità di pietra che vien così giù graffiata dai fianchi delle montagne (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 175). È tutto questo materiale che vien formando e ghiaje, e sabbie e fanghi. Non ci sarà fiume che non vi presenti una certa quantità di questi materiali così

disgregati, che l'acqua ha così foggiati, macinando le rocce.

70. Una volta che vi hanno questi materiali d'ogni genere, capirete senza stento che i più fini, potendo essere smossi più facilmente, saranno anche logorati più presto. Di più, mentre la ghiaja e la sabbia più grossa non può essere che trascinata sul fondo, la sabbia fina invece e tanto meglio il fango, possono tenersi sospesi nell'acqua semovente, ed essere così condotti giù per miglia e miglia, prima di trovarsi in tali condizioni di dover cadere al fondo, formandovi una

Fig. 9. — Bicchier d'acqua attinta ad un fiume torbido durante la piena per vedere come le minute particelle delle rocce erose dalla corrente vengono formando sul fondo uno strato di fango.

posatura, ossia uno strato di sabbia finissima o d'argilla (Fig. 9).

71. Capirete di qui còme avvenga che, nelle regioni più elevate, i letti dei fiumi sono ingombri a preferenza di grossi massi e di ciottoli aspri e angolosi; mentre, nelle parti più basse, il materiale va mano mano mostrandosi più fine e rotondo, finchè, alla pianura e in riva al mare, più non si osservano che sabbie e fanghiglie. Siccome poi il fiume scorre incessantemente, così di continuo il materiale elaborato passa dal monte alla valle, e dalla valle al piano: tocca poi

alle montagne, continuamente minate dalle pioggie e dal gelo, di supplire con nuovo materiale a quello che di continno è portato via dal fiume. Così i depositi di sabbia e di ghiaja, ingrossati ogni anno dai fiumi, benchè sian questi relativamente assai piccoli, hanno acquistato un così enorme sviluppo (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 171-182).

72. Vogliamo, con sempre nuovo diletto, ritornare alla nostra rossa montagna. Ogni cavità, ogni gola è testimonio e misura del guasto a cui è soggetta tutta la superficie del paese. Possiamo tener dietro ai massi ed al tritume disperso lungo la corrente, esaminare il terreno a cui diede origine il suo accumulamento, segnare i confini della sua dispersione, indicati dai letti di sabbia o di fango distesi sulle lontane pianure e quindi fino al mare, di cui ricoprono il fondo. Se uno scoglio si leva sopra la superficie del lido, noi possiamo a colpo d' occhio distinguere la porzione esposta alle furie dell' onde, da quella che ne rimaneva difesa.

73. Non è però soltanto nei letti dei torrenti e dei fiumi che noi possiamo osservare come le rocce più dure si logorino in guisa da formare o ghiaje o fanghi. Fissate l' occhio sopra qualunque parte delle coste marine, e vi appariranno dovunque le tracce di un lavoro affatto somigliante, che è prodotto dalle onde del mare. Dove emerga sul lido uno scoglio, che bagni immediatamente in mare il suo piede, noi possiamo a colpo d'occhio distinguere dalla porzione protetta dalla rabbia delle onde, quella che vi è esposta. Superiormente lo scoglio è aspro, e tutto scanalato, come le piogge, il gelo o le sorgenti l' avessero a lungo consunto (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 137-138). Inferiormente invece, cioè alla base, la roccia è

profondamente incavata e lisciata come il letto roccioso di un torrente alpino. Chi dunque ha levigato le parti inferiori dello scoglio, e chi ha reso aspre e cavernose le superiori? Le onde.

74. Da quello scoglio, demolito dal tempo, chi sa quali enormi brani furono staccati, e giacquero sulla spiaggia! Altri sono lì lì per cadervi. Esaminate i massi caduti, e vedrete anche qui, come ordinariamente, quelli che giaciono al piede della rupe, e non furono ancora smossi dall' onda, presentare intatti i loro spigoli acuti. Ma un po' più basso, i massi caduti portano tutti gli indizî di essersi logorati l' uno coll'altro, mentre la maggior parte del lido è coperta di sassi d' ogni natura, egregiamente arrotondati e lisciati.

75. In un giorno di calma, quando le onde leggeri accarezzano il lido, non potreste comprendere facilmente quanto è la potenza del mare nel demolire le spiagge rocciose, come non potevate aver misura della forza degradatrice di una corrente, quando lene lene scorreva serpeggiando nel suo letto, quasi interamente asciutto da lunga siccità. Ma ponetevi là vicino a quegli scogli, quando infuria la tempesta, e non verrete, no certo, a domandarmi se le onde del mare abbiano o meno il potere di sbranare le rocce più dure. Ciascuno di quegli enormi cavalloni, che furiosi e spumanti piombano sul lido, solleva i ciottoli onde il lido stesso è coperto, e con essi flagella lo scoglio che scroscia, orribilmente coperto di spume. Quando il fiotto bollente rientra per dar luogo all'onda che davvicino l'incalza, voi potete udire, forse le miglia lontano, il roco muggir delle arene. È allora che i ciottoli, riassorbiti dall'onda, a vicenda si graffiano, si macinano, per essere presi di nuovo slanciati un'altra volta contro lo scoglio. Voi

non potreste imaginare una macchina più poderosa per demolire gli scogli, e ridurne i brani in ghiaje e sabbie perfettamente caratterizzate (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 230-232). Come lungo il letto di ciascun fiume, così lungo il lido di ciascun mare voi vi imbattete in tali ammassi di rocce paesane, in tutti gli stadî possibili di distruzione, cominciando a contare dal masso angoloso e pesante, fino alla sabbia più fine ed al fango più impalpabile.

76. Chiunque adesso vi domandasse: « Quale è l' origine delle sabbie e delle ghiaje? » potreste rispondere così: « Le sabbie e le ghiaje sono porzioni del materiale levato dalla superficie dei continenti, elaborato e deposto dall' acqua in movimento. » I materiali che furono per questa via elaborati si chiamano *detrito acqueo.* Ma voi ben sapete che non è già l'acqua che per sè sola logori il detrito. Esso invece si logora da sè, e l'acqua altro non fa che moverlo, trasportarlo, metterlo insomma in tali condizioni, che i diversi frammenti rocciosi si consumino a vicenda e divengano o ciottoli, o grani di sabbia.

III. — IN CHE MODO LE GHIAJE LE SABBIE E I FANGHI DIVENTANO ROCCE SEDIMENTARI.

77. Vi siete ormai sulla vasta via inoltrati di tanto da sapere donde provennero i materiali che compongono le rocce sedimentari detritiche. Ma ancora eccoci un problema: Come mai quei detriti, cioè quei ciottoli o grani di sabbia aderirono talmente gli uni agli altri da formare una solida pietra? Anche qui la risposta dobbiamo cercarla in ciò che vediamo tuttodì guardandoci

dattorno. Ritorniamo ai torrenti, ai fiumi, al mare, e ciò che ci appare oscuro diverrà chiaro come il sole.

78. È noto che l' acqua scorre tanto più veloce, quanto più ripido è il pendio. Infatti, se voi alzate da una parte una catinella, l'acqua si versa dall'altra parte con una velocità tanto maggiore, quanto maggiore è l' inclinazione del vaso.

79. Mettete nella catinella dei minuzzoli di qualunque natura o della sabbia, e vi accorgerete che essi sono portati fuori più facilmente dall'acqua quando è rapida, che quando è lenta. Ciò vuol dire che col crescere della velocità si aumenta il potere che ha l'acqua di dar movimento ad un corpo qualunque. Dovete perciò sùbito capire che deve verificarsi una gran differenza nel modo con cui si movono i materiali in corrispondenza colle diverse correnti ed anche colle diverse parti di esse.

80. Dove la corrente è veloce, essa sarà capace di trasportare ad un tempo e ghiaja e sabbia e fango, destinati più tardi a deporsi sul fondo. Gli esperimenti eseguiti (§ 45-49) vi devono aver insegnato che, mettendo una porzione dei suddetti materiali in un bicchier d' acqua, essi vi si tengono sospesi, finchè l' acqua stessa sia fortemente agitata; mentre cadono in fondo, quando si lasci tranquilla, depositandosi l'arena immediatamente le sabbie fine poi e in ultimo il fango. È questo precisamente che ha luogo in seno a tutte le acque che si muovono sulla superficie del globo. Una corrente assai rapida trasporta non solo fango e sabbia, ma ghiaja e ciottoli. Se poi si rallenta gradatamente rimarranno addietro sul fondo dapprima le ghiaje e i ciottoli, mentre la sabbia è trasportata più in giù. Quando anche questa si depone, la corrente conti-

nuerà a trasportare il fango, il quale non potrà deporsi che molto più basso, e con estrema lentezza.

81. Sono fatti questi che potrete stabilire voi stessi la prima volta che vi si presenti l'opportunità di camminare lungo un torrente che discende dalle montagne. Guardate di trovare un posto ove esso scorra con violenza bastante per cacciarsi avanti dei grossi ciottoli. Indubbiamente in quel punto il torrente non avrà altro letto che la salda e nuda roccia, mentre, se spazza via ciottoli, molto meno potrà permettere che si arrestino le sabbie e le fraghiglie. Un po' più basso però il pendio è più debole, la corrente meno veloce. Che cosa vi trovate sul fondo? Del fango? Non ancora, per certo; ci troverete però benissimo dei ciottoli, e della ghiaja grossa. La corrente che li veniva trasportando da dove aveva maggior forza, li ha lasçiati cader quì, dove gli fu scemata la forza dal minore pendìo. Anche qui tuttavia ha ancor forza sufficiente per trascinare i materiali più fini. Per vedere poi il letto del fiume coperto di sabbia, bisognerà discendere dove debolmente inclinata è la pendice, finchè, arrivati proprio giù basso alla pianura, non vedrete più altro in fondo alla limpida acqua che sabbia fine fine o fanghi.

82. Quando queste cose le abbiate verificate cogli stessi occhi vostri, trovando poi in un luogo qualunque una massa di ghiaja, potrete affermare con piena sicurezza che in quel punto esisteva una corrente assai robusta. Trovando sabbie, direte: che ivi la corrente era debole. Se invece sono fanghi, bisognerà dire che l'acqua non si moveva che debolmente o forse anche stagnava affatto, così çhe anche il sedimento più fino potè deporsi sul fondo.

83. Queste nozioni così elementari assumono

una importanza grandissima, appena uno si faccia ad indagare l'origine delle diverse rocce. Se voi infatti avete ben inteso come si formano attualmente i diversi sedimenti, siete già molto avanti sulla via d'intendere come si sono formate le *rocce sedimentari*. Esse sono, se occorre, pietre durissime, tali che se ne selciano vie e se ne fabbricano case. Ma voi imparaste che l'esser molli o dure è cosa affatto accidentale per le rocce, mentre il sostanziale sta nei materiali di cui sono composte. Una volta trovato che essi materiali sono detriti acquei, cioè grani di fango o di sabbia, ovvero ciottoli arrotondati, piccoli o grandi, nulla importa che siano ora legati fra loro in guisa da formare salda pietra, mentre è certo che in origine son venuti formando in fondo all'acqua un aggregato sciolto, cioè senza cemento.

84. Ma la vostra scienza va ancora più in là. La natura del sedimento da cui risulta una roccia, vi dice già le condizioni dell'acqua in cui si depose. Sia per esempio un conglomerato. Voi sapete che esso non è altro che un duro impasto di ghiaja e di ciottoli. Ebbene voi sapete già che quel conglomerato si depose sul fondo di un'acqua poco profonda, per esempio nel letto di un fiume o sulle rive di un lago o del mare; mentre è appunto in tali condizioni che si depongono attualmente i ciottoli e le ghiaje. Una roccia composta di fino sedimento, come uno schisto, vi dirà invece che l'acqua, dove fermossi, era profonda e tranquilla, poichè in queste condizioni soltanto possono deporsi le fanghiglie finissime, che intorbidano i fiumi.

85. Abbiamo veduto come i sedimenti sono deposti dai torrenti, dai fiumi, dalle onde. Ma quando il deposito è formato, come può rimanere al suo posto che non sia di nuovo spazzato via?

86. Alcune nozioni in proposito ci sono fornite dalla *Geografia fisica*, § 147-182. È inutile del resto ripetere che i materiali rocciosi sono dalle piogge portate nei torrenti, da questi nei fiumi, finchè giungono al mare, sul cui fondo sono poi distribuiti, riducendosi in ultimo a formare letti di sabbie o di fango.

87. È qui appunto, cioè sul fondo del mare, che i sedimenti divengono a poco a poco quasi dure tavole di pietra, affatto somiglianti alle rocce sedimentari più comuni di cui abbiamo parlato. Voi non potete vedere quello che succede in fondo al mare; potete però formarvene un'idea, giudicandone da ciò che si verifica nei piccoli stagni.

88. Supponiamo una via fangosa la quale, leggermente scendendo, termini in una piazza, dove, quando piove, l'acqua discesa giù dal pendìo si arresta formando delle pozzanghere. In un giorno di pioggia noi siam là, e seguendo attentamente il corso di uno di quei rigagnoli di fango che discendono lungo il pendìo, dopo averlo veduto trascinar giù seco sabbia, arena, pezzetti di sughero e di carta, e le bruciaglie che incontra per via, ci fermiamo ad un grosso pantano in cui si scarica il fangoso ruscello proprio in mezzo alla piazza. Finchè il rigagnolo scorre abbastanza veloce seco trascina arena e sabbia. Osservate invece ciò che avviene appena abbia raggiunto il piano e sia lì lì per gettarsi nel pantano. Perdendo di velocità, perde anche del potere di fluitare i diversi corpi, e abbandona necessariamente una porzione del suo carico di sedimento. Le particelle più pesanti cadono al fondo più presto, e questo avviene precisamente in quel punto dove il rigagnolo, incontrando lo stagno, è obbligato a prenderne il livello, cioè ad appianarsi, perdendo tutta

la forza che gli dava il pendio. Vediamo i risultati. Quella parte dello stagno, dove entra la corrente, è presto riempita dal deposito che vi si forma, salvo un canaletto che la corrente si tiene aperto da sè. Osservate come quel sedimento piglia la forma di una lingua di terra, che si avanza e si allarga gradatamente in seno al pantano, finchè, se piove quanto basta, il pantano stesso sarà completamente riempito. Il riempimento, in quanto si opera così visibilmente, si deve alla sabbia ed al detrito più grossolano che vi si raccoglie. Quanto alla fina belletta, tenendosi in sospensione nell'acqua, si dilata entro il pantano, e quantunque una certa porzione venga a deporsi sul fondo, come vedemmo, un'altra, maggiore o minore, sfugge col rigagnolo attraverso la prima apertura che serve di emissario alla pozzanghera. Ciò è naturale perchè il rigagnolo rimane troppo breve tempo entro lo stagno per aver agio di scaricarsi di tutto il suo carico.

89. Ora facciamo che, cessata la pioggia prima che il nostro pantano non sia interamente riempito di sedimento, non venga o la ruota d'un carro, o qualche altro intruso a disturbarlo, sicchè l'acqua possa filtrare attraverso il suolo e svaporare tranquillamente, tanto che fra un giorno o due il fosso sia là bello e asciutto. Adesso sì che potete verificare per l'appunto ciò che si faceva là dentro, intanto che l'acqua fangosa lo riempiva. A monte, cioè verso il pendio per cui scendeva il ruscelletto, voi distinguete benissimo quella lingua di terra da esso fabbricata, che si allunga dalla spiaggia del pantano verso il suo centro. Osservatela: è un *delta* nè più nè meno (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 181). Il fondo della fossa è coperto del resto

da sabbie o da fine belletta, che arriva dappertutto dove arrivava dapprima l' acqua melmosa.

90. Con un coltello cercate di praticare attraverso il deposito, un taglio, una trincea, che vada fino al fondo, in modo che possiate vederne la struttura tutta per intero. Un taglio di questo genere si chiama in geologia *sezione* o *spaccato*, e può presentarsi anche naturalmente in diverse condizioni. Le sponde ben incavate di un torrente, lo strappo d'una frana o d'uno scoscendimento, lo scavo d'una petraja, le trincee d'una ferrovia, il fianco ignudo d' una balza, offrono altrettanti *spaccati*. Osserviamo ora questo che ci siam fatto col coltello.

91. Il sedimento accumulato dalla pioggia ha acquistato, per un supposto, nel centro del bacino, cinque centimetri, misurandolo fino al fondo, dove si incontra la superficie della piazza, come si mostra al di fuori. Ditemi un po': che cos'è che vi colpisce, osservando la sezione che vi rivela l'interna tessitura del terreno? I materiali ci sono forse là buttati a casaccio, senz'ordine nessuno? Mai no! Facendo uno schizzo di quello spaccato, credo che vi riuscirà un qualche cosa di somigliante al presente diafragma (Fig. 10). I materiali vi furono deposti a strati sovrapposti orizzontalmente uno sopra all'altro. Alcuni di questi strati sono più fini, altri più grossolani. Ma grossi o fini che siano, tutti si mantengono ugualmente parallèli fra loro.

92. Si può così tener dietro al successivo depositarsi di quegli strati; si può vedere cioè come siasi gradatamente formato l'intero sedimento. In primo luogo, contando dal basso all'alto, ci si presenta uno strato di grossolana fattura, che ci mostra il luogo dove la corrente era stata abbastanza forte, da poter trascinare

sabbia e sassolini traverso il pantano. Quando la pioggia divenne meno furiosa, i rigagnoli sulla via divennero meno vivaci, e la corrente buttava con minor furia nella pozzanghera. Invece di sabbia e sassolini, depose allora soltanto della melma, sicchè il deposito riuscì più fino superiormente che inferiormente. Misti alle sabbie ed al fango vi si presentano poi pezzetti di legno, foglie, bruschi (*c*, nella Fig. 10) d'ogni genere, condottivi dalla pioggia a far parte del sedimento.
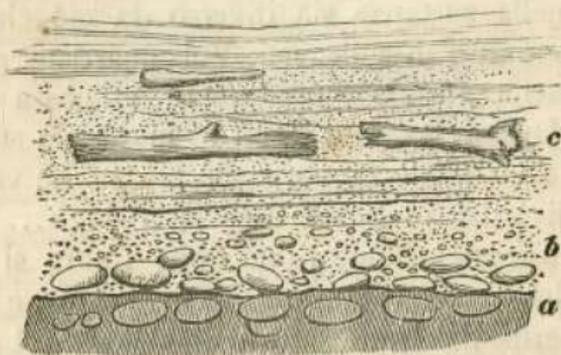
Fig. 10. — Sezione o spaccato del sedimento deposto in un pantano formatosi sopra una via durante la pioggia. *a* Piano della via. *b* Strati di sabbia, con sassolini, e pezzetti di carbone. *c* Strati più fini con fuscellini, fili di paglia, foglie, pezzetti di carta, ecc.

93. Credetemi: queste osservazioni sono della più grande importanza. Nè trattasi, no certo, di conoscere semplicemente ciò che avviene, quando piove, nel pantano in sulla via, quasi ciò che noi vediamo operarsi dalla natura in sì piccola scala fosse diverso da quello che opera in grande sulla superficie del globo. E invero, se avete ben compreso ciò che ha luogo in seno a quella pozzanghera, per quanto si tratti di un fenomeno insignificante, voi possedete già i fatti più fondamentali, che vi pongono in grado di comprendere

come le rocce sedimentari si formano o furono formate sulla superficie del mondo intero.

94. Al posto di quel piccolo pantano metteremo un gran lago, come sarebbe, per dirne uno, quello di Ginevra, ed a quei miseri fili d'acqua, che nascono e muojono con un acquazzone, sostituiremo un gran fiume, il Rodano, sempre nudrito dalle piogge, dalle sorgenti, dalle nevi e dai ghiacci eterni dell'Alpi. Vi sia così permesso di dare al lavoro le più smisurate dimensioni, non riuscirete però mai ad avere un qualche cosa che nella sostanza sia diverso da ciò che si genera nel pantano in sulla via. Voi guardate pieni di stupore quella grande fiumana che vi passa davanti agli occhi furiosa, levando simili ai marosi le sue onde spumanti e gialle di fango, e giù giù se ne va precipitando di balza in balza. Eccola al lago... Vedete come le onde del fiume l'una dopo l'altra si appianano! vedete come le sue ire cadono spente, e il fiume stesso si perde nel cupo azzurro silenzioso del lago!

95. Provatevi ora ad arrampicarvi sopra una delle montagne, le quali si slanciano a destra o a sinistra a monte del lago di Ginevra. Quando siete all'altezza di qualche centinajo di metri, volgetevi a guardare il fiume e il lago, e osservate se non vi ricordano precisamente il vostro rigagno e la pozzanghera in sulla via. Il fondo della valle vi sta sotto delineato come una carta topografica. I larghi meandri della corrente, le praterie verdeggianti e piane che, fide a' suoi fianchi, con essa si spingono entro il lago, formando una lunga lingua di terra; gli abituri, i villaggi, le vie, tutto s'impiccolisce in distanza, sicchè tutto potete comprendere nell'àmbito di uno sguardo. Quella lingua di prati che occupa l'estremità superiore del lago

e sempre più ne va usurpando il dominio, è il *delta*. Esso non venne formato in altro modo che il piccolo delta nel vostro pantano, con questa sola differenza che le ore impiegate, per formarsi, da questo, sono secoli per quello. Un piccolo villaggio, chiamato anche in oggi Porto Vallese, sorge nella pianura a circa un miglio e mezzo di distanza dalla riva del lago. Diciotto secoli or sono si trovava invece esso medesimo sulla riva. Dall'epoca romana adunque il Rodano ha allungato il suo delta, a spese del lago di Ginevra, un miglio e mezzo.

96. Stando sempre così sull'altura a guardare l'estremità superiore del lago, potrete avvertire un altro fatto curioso che riguarda il modo con cui il sedimento va distendendosi sul fondo. Le acque del Rodano sono molto fangose, e producono perciò come una tinta di latte, la quale ci permette di seguire coll'occhio il corso del fiume, che si avanza ancora un buon tratto in seno alle acque azzurrine del lago. Badate e vedrete come quella corrente pallida, lattiginosa, quando ha pigliato il largo, si fa grado grado meno distinta, finchè si dilegua interamente, confusa coll'acqua del lago.

97. Affrettatevi ora a vedere che avvenga all'estremità opposta del lago, dove il Rodano esce dal lago stesso. Lo trovate ancora lordo di fango? Via; non avrete forse mai visto un'acqua più limpida, più trasparente, più azzurra di quella che esce vivacemente gorgogliando tra i giardini e sotto i ponti di Ginevra. Dove se n'è ita quella massa di fango che, a guisa di nube, veniva trasportata dal fiume nel lago all'estremità opposta? Dove se n'è ita? è rimasta sul fondo. E così ogni giorno; così da anni, da secoli: sempre quella

nube di fango che entra, sempre rinnovata, sempre ferma alla superficie, dandole il fiume perenne alimento mentre il fango sempre si depone sul fondo del lago.

98. Se vi fosse concesso di vuotare il lago, trovereste che il fondo ne è coperto di depositi di sedimento i quali sono distesi, non già sopra uno spazio di qualche metro quadrato, come nella pozzanghera di quella tal piazza, ma sopra una superficie di parecchie miglia quadrate. Quanto poi alla disposizione dei sedimenti stessi, vedreste che gli elementi più grossi, come ciottoli e ghiaje, si trovano a monte, in corrispondenza colla foce del Rodano, dove la corrente era più forte; mentre i più fini, come sabbie e fanghiglie, si trovano verso il largo del lago, il cui fondo anzi ne sarebbe quasi per intero coperto.

99. Volete provarvi a fare un bel pozzo entro il deposito, per misurarne la profondità, ossia la grossezza? Vi assicuro che in molti luoghi vi toccherebbe di andar giù uno o più centinaja di metri, e che dovunque vi faceste dei buchi o degli sterri, il deposito vi si presenterebbe composto di strati sovrapposti, come quello osservato nel troppe volte nominato pantano. Le sabbie, le ghiaje, i fanghi vi sono disposti in letti o strati che si succedono parallelamente sovrapposti l'uno all'altro dal fondo fino alla superficie.

100. Il lago di Ginevra non è dunque che un pantano grande le mille e mille volte più di quell'altro; ma non è egli stesso che un piccolo pantano, paragonato a quello grandissimo che è il mare? Portatevi in riva al mare, dove vi mette foce quel gran fiume, e vedrete che la grandezza del lavoro non ne altera la natura; che cioè il processo della sedimentazione non vi si compie diversamente che nel lago di Ginevra, e nel

pantano in sulla via. Anche quì il gran fiume porta al mare continuamente enormi quantità di sabbia e di fango. Anche qui potete seguire da lontano coll' occhio la corrente che si avanza decine e centinaja di chilometri dal lido, biancheggiante pel fango tenuto in sospensione, finchè esso lentamenre discende a riposare sul fondo dell' oceano. Voi non potete più dunque dubitare che per tal modo il fondo del mare, fino a piccole distanze dal lido, va ogni giorno coprendosi di nuovi strati di sabbia o di fango, che le correnti hanno rapito ai continenti. Di questi sedimenti voi potete vedere del resto la parte superiore e più vicina al lido durante la bassa marea, che noi chiamiamo riflusso. Voi potete ben fare degli scavi, dove il lido rimane asciutto, e verificare così quello stesso sistema di sovrapposizione di strati di cui abbiamo ripetutamente parlato.

101. Così voi siete venuti grado grado imparando
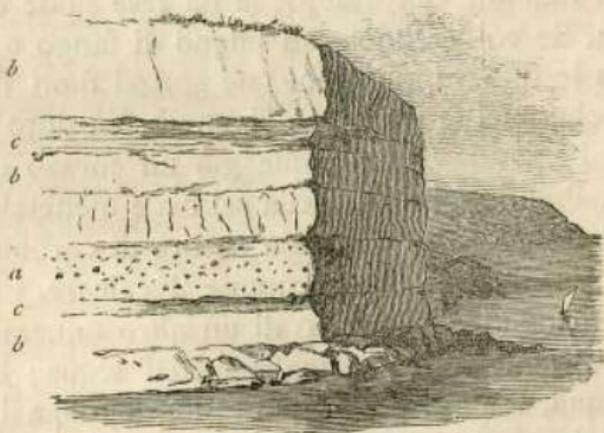
Fig. 11. — Stratificazione delle rocce sedimentari. *a*. Conglomerato. *b*. Arenaria. *c*. Schisto.

che le enormi masse, composte di terreni sedimentari, non sono che depositi subacquei, e che non risultano già

da disordinate casuali accumulazioni di detrito, ma da materiali ripartiti e distribuiti regolarmente in strati sovrapposti l'uno all'altro. Questo modo di struttura si chiama *stratificazione*, e i sedimenti che lo presentano si chiamano *stratificati*. La stratificazione è per le rocce sedimentari un carattere così invariabile, che esse si dicono anche *rocce stratificate*.

102. Ma gli strati di sabbia, di ghiaja, o di fango che si osservano sul fondo del mare, dei laghi e degli stagni, sono composti di materiali disgregati e incoerenti; mentre le arenarie, i conglomerati, gli schisti, ed in genere le rocce sedimentari, sono pietre, salde e compatte. Come si spiega questa differenza? Voi siete pur certi che, ad onta della loro attuale saldezza, quelle rocce non furono da principio che masse di mobile sedimento, formato in fondo alle acque collo stesso processo con cui si formano sotto ai nostri occhi, gli ordinarî sedimenti. Chi dunque le ha rese salde così?

103. Se voi prendete un pugno di fango e lo premete fra le dita, in guisa che ne sprizzi fuori l'acqua, trovate che quel fango è già divenuto più duro e consistente. La *pressione* è dunque già un mezzo d'indurimento. Prendete invece della sabbia e mettetela in un vaso entro l'acqua la quale sia satura di carbonato di calce (è il minerale che compone il calcare, i marmi ecc.), o di ossido di ferro, o di un altro minerale qualunque, il quale possa disciogliersi nell'acqua; lasciate che l'acqua, lentamente svaporando, deponga il minerale che tiene disciolto, e troverete che esso minerale ha investito i grani di sabbia e li ha cementati insieme. Continuate l'operazione, sostituendo sempre una quantità della vostra soluzione a quella che mano mano svapora, e la sabbia così incoerente com'è, si conver-

tirà in durissima pietra. In questo caso il sedimento si indura per un processo che si chiama d'*infiltrazione.*

104. La trasformazione delle rocce sedimentari in salde pietre può essere dunque avvenuta o per pressione o per *infiltrazione*, od anche per ambedue i processi ad un tempo. Quando le sabbie e i fanghi hanno formato un pila di strati sovrapposti che si elevi ad un'altezza di centinaja o di migliaja di piedi, è naturale che gl' inferiori, soggetti a così enorme pressione, s' impastino tenacemente e s'indurino più dei superiori. Ma, anche prescindendo da questo effetto inevitabile della compressione, l'acqua che filtra immancabilmente pei pori e le crepature delle rocce, ha sovente la facoltà di esportare o di importare e deporre dei minerali, i quali servono di cemento per legare i grani fra loro, dando alla roccia, dapprima molle e incoerente, qualunque grado di durezza e di coerenza. Ciò venne già spiegato nelle *Prime nozioni di geografia fisica* (al § 117-125).

105. Dopo tutto questo, se io vi domandassi che cosa sia una *roccia sedimentare*, voi sareste pronti a darmi, con piena cognizione di causa, una definizione su per giù come questa: « Si dice sedimentare la roccia formata di detrito, derivante dalla erosione delle rocce preesistenti, depositato nell'acqua, stratificato, e indurito dalla compressione o dalla infiltrazione. »

IV. — COME NELLE ROCCE SEDIMENTARI SI TROVINO RELIQUIE DI PIANTE E DI ANIMALI.

106. Le rocce sedimentari, benchè non d'altro composte che di ghiaje, sabbie o fanghi, contengono

tuttavia sovente degli oggetti molto interessanti. Eccovi, per esempio, due pezzi di schisto (Fig. 12 e 13). Non fa bisogno di domandarvi se ci vedete qualche cosa che non ha niente a che fare colle materie ordinarie dei sedimenti. Vediamo un po' che cosa sono ed erano in origine gli oggetti contenuti nei due pezzi di schisto e come mai vennero a ficcarsi là dentro.

107. Cominciamo dal pezzo presentatoci dalla figura 12. La roccia non è altro che uno schisto come gli altri. Gli stessi materiali, la stessa stratificazione.

108. Ma quel coso nero che spicca sulla superficie della roccia, sapete come si chiami? Una pianta, non c'è dubbio, anzi precisamente una felce. Prescindendo dal verde che ha perduto, quì c' è tutto; il picciuolo,
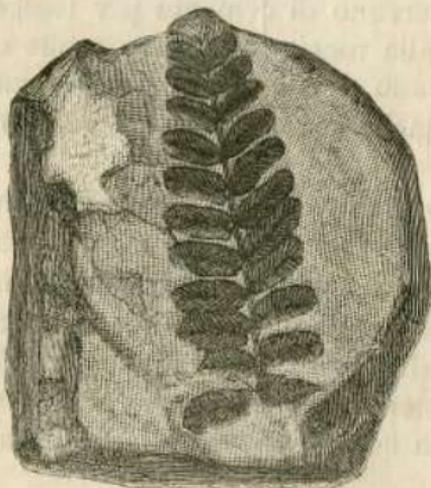
Fig. 12. — Pezzo di schisto contenente una porzione di felce fossile.

le foglie, fino alla più dilicate nervature, e quanto occorre per farne una felce. Ma è morta; anzi trasformata in una sostanza nera che si direbbe, ed è realmente, una specie di carbon fossile.

Frammenti e macchie della stessa sostanza carboniosa li vedete sparsi qua e là anche nell'interno della roccia. Voi potete levarli facilmente, senza punto guastare la roccia, raspando col temperino o coll'ugna. Insomma si tratta di un po' di carbone, il quale non altro rappresenta evidentemente che bricioli di piante che rimasero impigliati nella roccia come quel pezzo di felce così ben conservato. Come mai quelle reliquie di piante hanno potuto trovarsi proprio nel midollo di una roccia sì dura?

109. Non c'è altro che domandarlo alla natura che opera in presente. Ed essa vi ha già risposto; mentre dovete ricordarvi (§ 88) di quel ruscelletto fangoso che scorreva giù per la china della via, seco trascinando bricioli di paglia, di legno, di carta, e consimili bruciaglie, a misura della sua forza. Alcuni galleggiando, trovaron la via di uscire dal pantano, e presto si perdettero di vista; ma altri vi caddero al fondo. Osservate un'altra volta la sezione di quel deposito (Fig. 10) e vedrete che vi hanno minuzzoli di legno o di paglia, e foglie ed erbe là dentro tra il fango e la sabbia abbandonativi dalla pioggia. Vedrete come quei corpiccioli sono disposti secondo i diversi piani di stratificazione, cioè uniformemente alla posizione che essi dovettero prendere cadendo in fondo. Può dunque la pioggia trascinar seco foglie ed altre porzioni di piante, e lasciarle cadere sul fondo di uno stagno, sicchè rimangano *interstratificate* nel sedimento, ossia deposte fra gli strati sedimentari e da essi ricoperti.

110. Ora ponete mente a ciò che avviene lungo il declivio od alla foce di una corrente, e vedrete che le foglie, i rami, tutti gli oggetti fluitati da essa, finiscono col cadere al fondo, per essere interstratificati,

poi gradatamente coperti sotto le crescenti accumulazioni di sabbia e di fango. Se vi avverrà di praticare uno scavo in un terreno deposto da un fiume, non sarà difficile l'imbattervi in letti di foglie o di frondi, formanti degli strati simili a quelli che e sotto e sopra si incontrano. Tali depositi di vegetali fluitati formano talvolta una parte non indifferente di quelle enormi accumulazioni da cui risultano i delta dei fiumi (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 180).

111. Può avvenire tuttavia che le foglie, i rami, i tronchi d'alberi, prima di assorbire tant' acqua che li obblighi a cadere al fondo, siano trascinati, se fa uopo, in alto mare, ove potranno reggersi a galla anche per lungo tempo. Ma che importa? Le spoglie della vegetazione terrestre, che vengono travolte dalle correnti, e tratte in seno ai laghi od al mare, dovranno sempre cadere al fondo col sedimento stesso che l'acqua depone.

112. Non è più dunque un mistero quello di trovare nel midollo di quello schisto, o di una qualunque durissima pietra, un frammento di felce o di una qualsiasi pianta terrestre. Quella pietra era in origine porzione di un sedimento depositato dall' acqua, e quelle porzioni di piante vennero allora, mentre esso si formava, portate via dal luogo dove vegetavano ancora, deposte sul fondo di un lago o del mare, e finalmente sepolte sotto il sedimento che vi si andava accumulando. Come il fango che involgeva la felce divenne schisto; indurendosi; così la felce divenne carbone, alterandosi. Vi dirò più tardi come difatti il carbon fossile altro non è che legname, sepolto già sotto una gran massa di sedimenti, e cambiato a poco a poco in quella sostanza nera e lucente che voi conoscete.

113. Ma non sono solamente dei vegetali che ci si presentano interstratificati nelle rocce. Il pezzo disegnato nella figura 13 è ancora uno schisto, sulla cui superficie chichessia discerne un buon numero di conchiglie e di spoglie d'altri animali, tra i quali si distinguono i *trilobiti*, abitatori d'antichi mari, appartenenti allo stesso ordine numerosissimo che comprende i granchi d'oggidì. Avreste ancora bisogno di domandare come vi si trovino? Sapete pure che, qualunque cosa si trovi a giacere sul fondo del mare o di un lago,

Fig. 13. — Pezzo di schisto con spoglie d'animali.

dev'essere sepolta sotto il sedimento. Le spoglie dei molluschi, dei coralli, dei pesci, di tutti gli animali marini, mano mano che muojono, devono accumularsi sul fondo. Ciò basta naturalmente perchè rimangano sepolte nel fango, in quel deposito di qualunque natura che vi si formi.

Ecco come rimasero conservati i testacei e i trilobiti nel vostro pezzo di schisto.

114. Non osservaste voi mai quei piccoli stagni

che rimangono a riempire le sinuosità degli scogli al ritirarsi dell'alta marea? Quanti esseri vivi là dentro! Eccovi là in un canto ciuffetti di alghe marine; in un altro gruppi di anemoni di mare dai più vivaci colori, poi patelle e fissurelle appiccicate allo scoglio, e sul fondo dei piccoli granchi che sbucano furtivi, e chi sa quante altre creature, di cui non sapreste nemmeno dire il nome. Guardate un po' più attentamente e vedrete che non vi hanno dei vivi soltanto. Alcuni di quei nicchi sono vuoti per la morte dell'animale, d'altri non trovate che frantumi.

115. Non dovete però così presto darvi a credere che tutto il fondo del mare sia come quello di un piccolo stagno. In esso non troverete che quelle specie di animali o di piante le quali vivono presso il lido o nelle parti poco profonde. Quelle che abitano le maggiori profondità, sono ben altre. Benchè tuttavia gli organismi marini che abitano in un luogo siano affatto differenti da quelli che abitano un altro, benchè vi siano anche scogli e banchi di sabbia affatto disabitati; sta pur sempre che non corre una differenza sostanziale tra l'oceano e il pelaghetto abbandonato sul lido dalla marea, mentre il fondo dell'uno e dell'altro è sparso di vivi e di morti. Resta perciò dimostrato che i depositi di sabbia o di fango, i quali vanno accumulandosi sul fondo del mare, debbono contenere in genere abbondanti reliquie di organismi marini.

116. Se al presente le spoglie di piante e di animali sono sparse in seno a quelle vaste accumulazioni di detrito sedimentare, che vanno ogni giorno crescendo di altezza sul fondo del mare o dei laghi; non c'è alcuna ragione per dubitare che la stessa cosa non avvenisse nelle epoche andate. In quelle rocce pertanto

le quali, benchè oggi così dure, non erano un giorno che fondi di mare o di laghi, dovranno scoprirsi ugualmente le spoglie delle piante e degli animali che vivevano allora. Che se al presente l'oceano è tutto un formicolio di viventi, non ci meraviglieremo di trovare delle arenarie, degli schisti, delle rocce sedimentari insomma, le quali siano tutto un impasto di reliquie organiche.

117. Queste reliquie organiche, conservate in seno alle rocce sedimentari, si chiamano *fossili*. Sono fossili, per esempio, tanto la felce della figura 12, come le conchiglie e i trilobiti dalla figura 13. Vedremo bentosto a quante questioni noi possiamo rispondere coi fossili.

V. — CHE COSA CI INSEGNANO LE PETRAJE.

118. Nel capitolo precedente abbiamo imparato che cosa sia sedimento; come un sedimento deposto in seno alle acque può diventare una roccia sedimentare, e come possa contenere reliquie di piante e d'animali. Proviamoci a interrogare le rocce con altre domande, e sentiamo come ci narrino la propria storia.

119. Le petraje, ossia le cave di pietra, che abbondano da noi, almeno in montagna, vi possono insegnare assai. Supponiamo di visitarne una che è rappresentata nella figura 14.

120. Che cosa vi colpisce anzitutto appena a vederla? La *stratificazione* delle rocce: non è vero? Eccovele disposte a strati o letti sovrapposti l'uno all'altro. È questa stratificazione appunto che costituisce, come vedemmo (§ 90-101), il carattere più sicuro di una roccia formata per via di sedimento subacqueo.

121. Il secondo fatto che non può sfuggire alla

vostra osservazione è questo, che gli strati non hanno tutti la stessa composizione. Vi si distinguono dei conglomerati, delle arenarie e degli schisti. I primi sono segnati nell'incisione (Fig. 14) con cerchietti e punteggiature; i secondi con punteggiature più fine; gli ultimi con linee orizzontali ondulate. Questi *letti* o *strati*, come si chiamano, che alternano irregolarmente fra
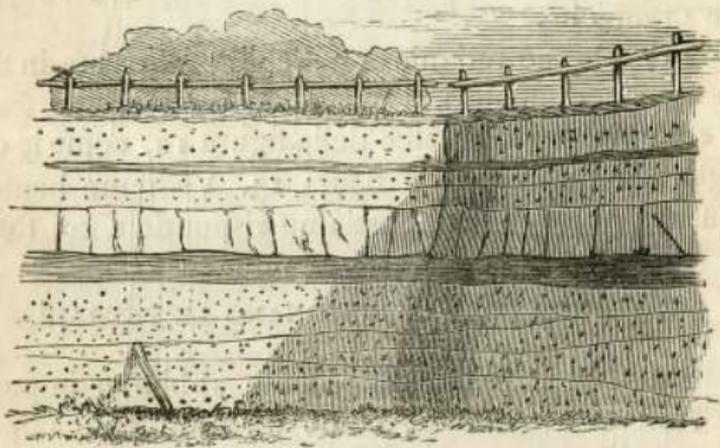
Fig. 14. — Cava di pietre in un terreno sedimentare.

loro, precisamente come i letti di ghiaja, di sabbia e di fango, dovettero un giorno certamente comporre un'alluvione, od un delta alla foce di una corrente, od un fondo littorale marino.

122. Un terzo fatto è quello che riguarda la relativa antichità dei diversi strati. Quale è il più antico? Senza dubbio quello che si mostra alla base della petraja, mentre esso fu deposto necessariamente prima di tutti gli altri che lo ricoprono. Lo strato più profondo può ben essere affatto somigliante ad un altro che gli sta sopra, sia per la grossezza, sia per la natura dei materiali che lo compongono: forse non sa-

preste in nessun modo distinguerlo da altri, che son posti a nudo nella stessa petraja. Che importa? Il fatto che questo sta sotto e quelli sopra, basta per accertarvi che questo fu deposto prima e gli altri poi, in ordine regolare cronologico. Gli strati inferiori sono dunque più antichi, e più moderni i superiori. Questa disposizione degli strati, in rapporto colla loro successiva formazione, si chiama *ordine di sovrapposizione.*

123. In una petraja, simile a quella disegnata nella figura 14, quest' ordine è semplicissimo, evidentissimo. Ma vedrete che non è sempre, e nemmeno ordinariamente, così chiaro; mentre in molti casi la successione degli strati è mascherata o dal terreno superficiale o in altra guisa, sicchè ci vuol cura e pazienza prima di giungere a stabilire con certezza l' ordine di sovrapposizione. Ma quando, a dispetto di tutte le difficoltà, sarete giunti a distinguere quali siano gli strati inferiori e quali i superiori, avrete già ottenuto con ciò di fissarne l' età relativa.

124. Per fare un passo avanti, osserviamo se gli strati della nostra petraja, oltre ai caratteri generali della composizione e della stratificazione, abbiano conservato qualche segno speciale della loro origine sedimentare. Staccando dapprima l' uno dall' altro alcuni straterelli di quell' arenaria che sta in capo alla petraja, voi potrete facilmente osservare che la loro superficie è coperta di ondulazioni lineari, come si vede nel seguente diagramma (Fig. 15). Non avete mai visto nulla che si rassomigli a quelle curiose impressioni? È impossibile che, osservando il lido del mare, o il fondo di uno stagno coperto di sabbia, non abbiate rimarcato quelle ondulazioni, che sono appunto le *tracce delle onde,* mentre appunto le acque poco pro-

fonde, quando scorrono od ondeggiano mosse dal vento, sommovono le sabbie, levandole anch'esse quasi ad onde in lineari monticelli. Quelle ondeggiature sono simili affatto a queste che voi rimarcate sull'arenaria. Ora noi non sappiamo soltanto che le arenarie sono sedimenti acquei: la nostra petraja ci ha detto di più che sono sedimenti deposti, non già nelle grandi profondità del mare, ma in acque basse, tanto almeno che vi si facesse sentire sul fondo il movimento delle onde più leggieri.
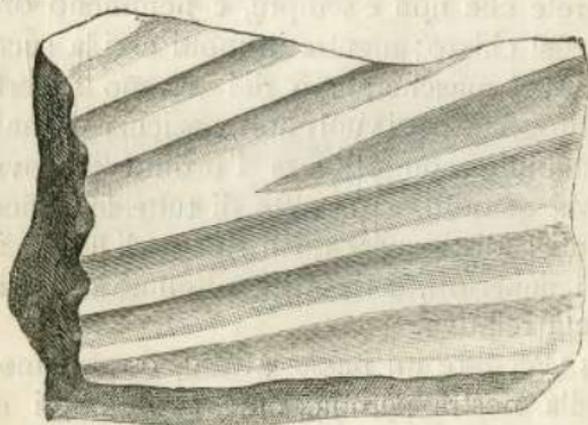
Fig. 15. — Tracce delle onde nell'arenaria.

125. Altri strati, appartenenti allo stesso gruppo arenaceo, ci presentano un fenomeno molto curioso. Sono cioè seminati di piccole fossette, quasi fossero butterati dal vajuolo. Osservate la figura 16. Ma che cosa è codesto picchiettamento? Certamente, come le descritte ondulazioni, così queste impressioni devono essere state fatte da un qualche cosa, quando la roccia era ancora molle e incoerente. Vediamo anche qui se possiamo avere una spiegazione da ciò che si verifica di simile attualmente. È cosa nota che le gocce di

pioggia, cadendo sopra un piano regolare di umida sabbia, quale si osserva tante volte sulle spiagge, vi scavano altrettante piccole fossette. Di queste impronte di pioggia avete già sentito a parlare; e se voi confrontate la figura 16 di quest'opera colla figura 9 delle
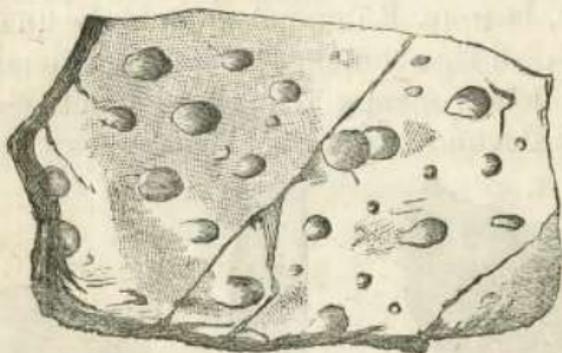
Fig. 16. — Impronta di pioggia sull'arenaria.

Prime nozioni di geografia fisica, vedrete che non c'è differenza, e vi sarà forza conchiudere che le fossette dell'arenaria non sono ancora che impronte di pioggia lasciate sull'arenaria, quand'era ancora molle e incoerente.

126. Da ciò un altro raggio di luce che rischiara la storia di quelle rocce. Se le tracce delle onde ci dissero de' depositi d'acque basse; le impronte di pioggia ci narrano che le sabbie, onde formossi l'arenaria, dovettero trovarsi elevate in guisa da formare una spiaggia asciutta, esposta all'aria ed alla pioggia. Ma le acque che hanno deposto quei sedimenti erano dolci o salate? Quel fondo, quella spiaggia, eran di lago o di mare?

127. Ritorniamo alla petraja, e raccolto dai diversi strati un certo numero di *fossili*, vediamo se essi ci danno la risposta desiderata. Se voi andate a pe-

scare in un lago, vi piglierete forse dei pesci di mare? Mai più; non soltanto i pesci, ma tutti gli animali che vivono nelle acque dolci, sono diversi da quelli che vivono nell'acqua salsa. Le stelle di mare, i ricci di mare, le ostriche, i nicchi marini, abitano il mare; mentre sono abitatori dei fiumi e dei laghi i pesci persici, le tinche, le trote. È dunque naturale che un sedimento di fiume o di lago contenga reliquie di animali e piante d'acqua dolce; mentre reliquie di piante e d'animali marini si devono trovare nei sedimenti di mare.
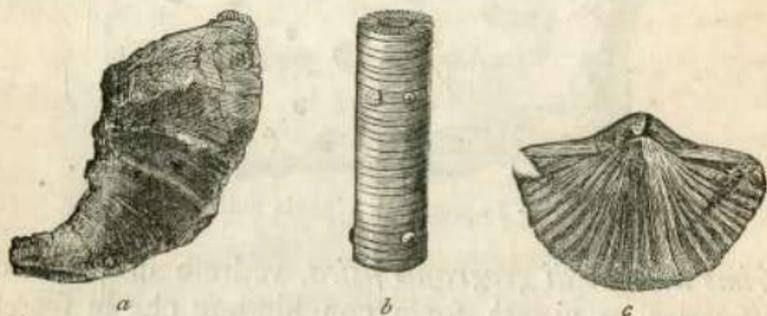
Fig. 17. — Fossili. *a*, Corallo; *b*, Brano di Encrinite; *c*, *Sprifer* (conchiglia marina).

128. Il diagramma (Fig. 17) vi presenta tre specie di fossili. La prima, *a*, è un corallo; la seconda, *b*, è un entroco, cioè una porzione del gambo di un Encrinite, ossia di un testaceo riferito alla gran classe degli echinodermi, che comprende i ricci e le stelle di mare; la terza, *c*, è una conchiglia, appartenente all'ordine dei brachiopodi, il quale non comprende che animali marini. Si tratta dunque di animali indubbiamente marini; e se voi li trovate associati in seno ad una roccia, è certo che i materiali, componenti quello strato, devono essersi deposti sul fondo del mare, e furono abbandonati sulla spiaggia dell'antico mare, come tante conchiglie lo sono sulle spiaggie attuali.

129. Ecco un terzo fatto che manda inanzi la storia delle nostre rocce. Le tracce delle onde e delle piogge hanno dimostrato che esse si deposero o in un seno di mare basso e tranquillo, o lungo una spiaggia: i fossili ci dicono di più che quel seno, quella spiaggia, erano di mare.

130. Che vi ha detto al postutto quella petraja? Nientemeno che questo, che la terra asciutta e il mare hanno cambiato di posto. Sia pure la vostra petraja nel cuore di un continente, lontano quanto è possibile dal mare: starà pur sempre che quell'area ne era un giorno coperta. Nè quella soltanto; poichè potete frugare in tutte le petraje del mondo, e novanta volte su cento vi raccoglierete le stesse prove ed altre ancora della passata permanenza del mare sui continenti. Percorrete l'Italia dalla vetta più settentrionale delle Alpi fino alla punta più meridionale della Sicilia, e ovunque, in cento e cento cave di pietra, troverete i segni dell'antico mare, e vi persuaderete che la nostra penisola è per la maggior parte formata di sedimenti sottomarini. Così al piano come al monte; così nelle profondità sotterranee, come sulle vette più eccelse delle Alpi. Nè vi date a credere che sia questa una specialità dell'Italia nostra. No; attraversate l'Europa in tutti i sensi, e vedrete che i sedimenti marini ne costituiscono forse la massa maggiore. Dall'Europa passate in Asia, dall'Asia in Africa, quindi, attraversato l'Atlantico, percorrete le due Americhe quanto son lunghe, da nord a sud, e incontrerete più facilmente rocce generate in seno al mare, che altre aventi un'altra origine qualunque. I monti e le catene dei monti non hanno per gran parte altra origine che questa.

131. Non è questo un fatto ben singolare? Ma come si spiega che così vaste porzioni de' nostri continenti siano state generate dal mare? Bisogna dire che le rocce, formate in origine sul fondo del mare, siano state, in un modo qualunque, sollevate sopra il suo livello; e siccome la superficie dei continenti è così irregolare, bisogna aggiungere che il sollevamento sia stato più valido in certe parti, e meno in altre. Cercheremo più tardi la soluzione di un problema così importante. Converrà meglio per ora volgerci ad altre rocce, le quali, benchè affatto differenti dalle descritte rocce detritiche, furono però ugualmente prodotte dal mare.

ROCCE ORGANICHE OSSIA FORMATE DI RELIQUIE DI VEGETALI E DI ANIMALI.

I. — ROCCE FORMATE DI RELIQUIE DI VEGETALI.

132. Dacchè le foglie, i rami, i tronchi delle piante, come le conchiglie e le spoglie di altri animali, si trovano sovente in grande abbondanza nelle ordinarie rocce sedimentari non ci meraviglieremo se le reliquie stesse prevalgono in guisa talora da dar luogo senz'altro a grandi depositi. Potete chiamarli sedimentari anch'essi, nel senso stesso in cui avete dato un tale appellativo alle arenarie od agli schisti comuni. Preferiamo però per essi il titolo di *rocce organiche* o *rocce d'origine organica,* perchè trattasi di sedimenti a cui le *spoglie organiche,* ossia i *fossili* vegetali ed animali, hanno prestato il materiale. Già intendete che

spoglie organiche si dicono quelle delle piante e degli animali, perchè sono *organismi*, ossia esseri provvisti d'*organi*, che servono all'esercizio delle diverse funzioni. Così sono *organi di locomozione* le gambe, *organi della voce* la laringe, *organi della visione* gli occhi. Quando diremo *organismo*, intenderete dunque che si parla di una pianta o di un animale, poichè le piante e gli animali soltanto sono esseri organizzati.

133. Cominciamo dalle rocce composte di reliquie di vegetali. Scegliamo come esempio un pezzo di carbon fossile, e facciamoci a studiarlo attentamente. Imparato una volta ciò che riguarda quest'unico pezzo, troverete assai facile a narrarsi la storia di tutte le rocce consimili.

134. Come si presenti agli occhi il carbon fossile, nessuno lo ignora. Sapete però ugualmente che esso, benchè lo vediate sul fornello in pezzi così rozzi ed irregolari, trovasi invece in seno alla terra disposto a strati come le rocce sedimentari? Se voi prendete a spezzarne un grosso pezzo, lo vedrete dividersi più facilmente in certa direzione che corrisponde precisamente al piano di stratificazione; così se desiderate che i grossi pezzi di carbone brucino allegramente e vi diano un buon fuoco, abbiate cura di disporli sulla grata in modo che il loro piano di stratificazione le sia più o meno perpendicolare. Vedrete come il calore li spacca facilmente in quella direzione e poi li consuma.

135. Osservate poi alcuno di quei grossi pezzi di carbon fossile, dove è spaccato perpendicolarmente al suo piano di stratificazione e dove pertanto dovrebbero discernersi le testate dei diversi strati. Non potrete no certo distinguerli, come quelli di un pezzo di schisto; mentre nel carbon fossile tutti gli strati sem-

bran fusi in uno solo. L'occhio può tuttavia ancora ben discernere, al loro diverso aspetto, degli strati duri, lisci, brillanti, che alternano con altri meno duri, meno lucidi, che si assomigliano un pochino al carbone di legna. Insomma il carbon fossile, anche solo a guardarlo, si capisce subito che è stratificato.

136. Tutti sanno che il carbon fossile si abbrucia al punto da non lasciare che un residuo di ceneri, non comportandosi altrimenti, sotto questo rapporto, che il legno e la torba (§ 145). I chimici alla loro volta hanno trovato che il legno, la torba e il carbon fossile, constano degli stessi elementi, e che quest' ultimo non è infine che un ammasso di vegetali compressi e trasformati gradatamente in una sostanza nera che serve di combustibile.

137. Imaginiamoci ora di discendere in una miniera di carbon fossile, per verificare cogli occhi nostri come esso si trovi prima di venir cavato dalle viscere della terra e ridotto in pezzi da buttarsi nel fornello (Vedi la figura 37). Eccoci entro una di quelle gabbie in cui i minatori sogliono lasciarsi calare in fondo al pozzo. Appena i nostri occhi si saranno un pochino abituati all' oscurità, la lanterna alla mano, ci avvieremo per una di quelle gallerie che ci guidi fin là dove i minatori stanno scavando il carbone. La prima cosa di cui potete accertarvi è questa, che essa si presenta sotto forma di uno strato o letto della grossezza di uno o più metri. Ciò risponde a quanto voi avete già appreso circa il giacimento del carbone entro il terreno che lo incassa, e ci conferma perfettamente nell' idea che esso costituisce una roccia stratificata. Osservate di più che le rocce che incassano il carbone, che ne fanno cioè il pavimento o il tetto, sono di tut-

t' altra natura. Facendo uno spaccato, ossia una sezione (§ 90) del terreno che comprende il letto di carbone, avrete ad un dipresso quella serie di strati che ci presenta la figura 18, e verificherete che il letto di carbone giace in mezzo alle rocce sedimentari ordinarie, stratificato com' esse.

138. Ma guardiamo un po' quale sia precisamente la natura dello strato *b*, che forma il pavimento del carbone. Non è altro che uno strato di argilla oscura, sparsa abbondantemente di striscie nere, quasi di ra-
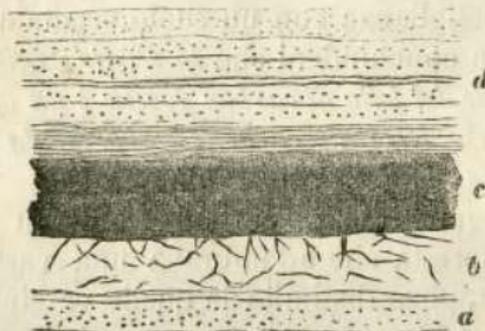
Fig. 18. — Spaccato di uno strato di carbon fossile col rispettivo tetto e pavimento. *a*. Arenaria e schisto, ecc. *b*. Letto d'argilla che forma il pavimento del carbone (*c*). *d*. Arenarie e schisti che ne formano il tetto.

dici che vi serpeggiano e vi si ramificano. Queste specie di radici voi potete osservarle anche precisamente sul fondo dello strato di carbone. Visitando altre miniere troverete che gli strati di carbone vi si presentano sempre su per giù negli stessi rapporti cogli altri strati rocciosi. Perchè dunque il carbon fossile si trova a preferenza sopra uno strato di argilla o di schisto, che sopra un letto di arenaria o di un' altra roccia qualunque? Se ogni miniera che visitate vi offre invariabilmente questo fatto, non comincierete a pensare che

questa associazione costante del carbone e dello schisto a lui sottoposto, sia tutt'altro che un mero accidente, ma un fatto necessario, che ha la sua buona ragione di essere?

139. Esaminiamo dunque di nuovo quest'argilla o questo schisto che sta alla base del carbone. Questo pavimento, come lo abbiam descritto, non vi ricorderebbe mai un suolo coperto di vegetazione, colle radici delle erbe e delle piante che vi si addentrano? Côlta che abbiate questa idea, esaminando sempre più attentamente quello strato, si farà sempre più evidente la sua rassomiglianza con un suolo vegetale, finchè sarete forzati a conchiudere che *lo strato argilloso e schistoso alla base del letto di carbon fossile è un antico suolo, e che lo stesso letto di carbone rappresenta la vegetazione da esso nutrita* (Vedi la figura 38).

140. Ogni strato di carbon fossile fu un tempo una densa foresta che adombrava una vasta pianura maremmana, poco dissimile da quelle vergini selve che ricoprono attualmente le immense pianure paludose dell'Orenoco e del Rio delle Amazzoni. In quelle vaste maremme distendevasi un suolo che nutriva una vigorosa vegetazione; ed è questo suolo che ora si presenta sotto forma di letto argilloso alla base del carbon fossile, il quale alla sua volta rappresenta la foresta che esso nudriva.

141. Possiamo noi almeno saper qualche cosa circa la natura di quelle piante che adombravano quella pianura, ora converse in denso strato di carbone? Il carbone per sè stesso potrebbe difficilmente dircene qualche cosa, dacchè i vegetali che lo compongono furono così compressi ed alterati, che invano l'occhio cercherebbe di discernervi la forma di un

ramo o di una foglia. Ma in certe varietà di carbon fossile si mostrano pure certe porzioni delle antiche piante, convertite in una specie di carbone di legna, dove, come nel carbone ordinario, si distinguono ancora le fibre legnose. Poi se da un pezzo di carbone voi staccate con un coltello delle laminette sottili, e le
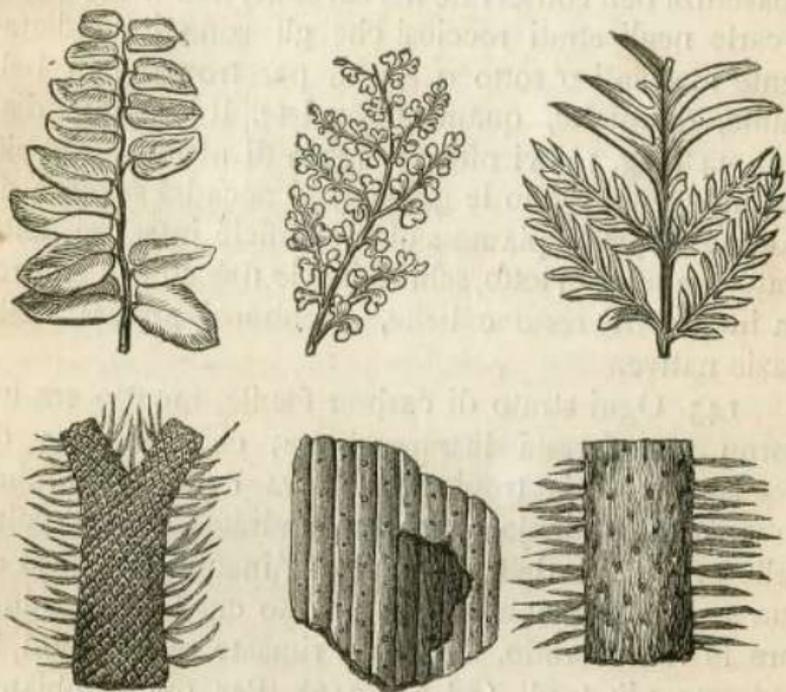
Fig. 19. — Piante che compongono il carbon fossile.

assottigliate ancor più sfregandole sopra una cote, dopo averle fissate sopra una lastrina di vetro, finchè divengano trasparenti, e in ultimo le sottoponete al microscopio, riuscirete sovente a scoprirvi milioni di finissimi semi, che meglio si chiamano *sporangi*. Essi si rassomigliano a quelli che ricoprono sovente i muschi

che crescono nei terreni paludosi o tappezzano i fianchi dei colli. Ma quegli antichi muschi dovevano essere assai più grandi, e crescere serrati fra loro in guisa da formare sui piani paludosi una specie di muffa enorme, come un grosso strato di terreno tutto vegetale.

142. Ma se le piante carbonifere non si trovano abbastanza ben conservate nel carbone, non avete che a cercarle negli strati rocciosi che gli sono immediatamente associati o sotto o sopra, per trovarne di bellissime, di intatte, quante ne volete. Il presente diagramma (Fig. 19) vi offre la figura di alcune fra le più comuni. Percorrendo le gallerie, vi accadrà sovente di vederne di queste piante sulla superficie inferiore dello strato che serve di tetto, schiacciate le une contro le altre, ma intatte del resto e belle, direbbonsi, ancora delle grazie native.

143. Ogni strato di carbon fossile, mentre era un giorno una foresta lussureggiante, che inondata di luce sotto un sole tropicale copriva colle sue ombre un' area di centinaja di miglia quadrate; ora è sepolto nelle profondità della terra, sotto l'incubo immenso di una smisurata massa di rocce, sotto cui l'ardito minatore lo va cercando. Come sia rimasto sepolto così, lo vedremo più tardi (§§ 213-216). Per ora dobbiamo prendere çognizione di un altro genere di formazioni, dove torna in scena la vegetazione, presentandosi però, non già nelle terrestri profondità, ma alla luce del sole.

144. Sono cose note per voi la torba e le torbiere. Di queste dovete anzi averne vedute, poichè ce n'ha di abbastanza estese almeno nell'alta Italia. La torbiera è un vasto spazio, piano, proprio una landa paludosa, nuda e bruna, o coperta di sterile vegetazione, con un suolo cedevole, che rimbomba e traballa sotto i

piedi. In certi posti, per esempio in Irlanda, esso è così molle e acquitrinoso, che guai all'incauto che volesse avventurarvisi! mentre sarebbe certo di affogarsi entro la nera belletta. La settima parte della superficie dell'Isola è tutta occupata da queste torbiere, e moltissime se ne incontrano nella Scozia e in tutta l'Europa settentrionale.

145. Il suolo di una torbiera nel suo perimetro è d'ordinario ben sodo. Anche verso il centro è talora asciutto abbastanza, perchè lo si possa arare e coltivare a frumento, a rape e patate. Tuttavia se voi levate un saggio del terreno che forma la torbiera, appena sotto il superficiale terriccio, trovate che consta di una massa carboniosa, bruna negli strati verso la superficie, e nera verso il fondo, formata di spoglie di vegetali insieme tenacemente impastate. È questa sostanza, che si chiama torba. Essa forma un gran letto disteso su tutto lo spazio della torbiera e che può avere talvolta una profondità di dieci a tredici metri. È dunque un deposito di vegetali puro e semplice, e per questo, come per altri riguardi, si rassomiglia ai depositi di carbon fossile.

146. La torba può dunque naturalmente abbruciarsi, ed infatti vien scavata e ridotta in pezzi che, una volta disseccati si buttano sul fuoco. Se ne fa un grand'uso in Lombardia, per riscaldare le macchine a vapore in servizio delle filande, ed anche, mediante un processo speciale, per la lavorazione del ferro.

147. La figura 20 vi presenta una torbiera già in via di scavo. È in tali condizioni che può meglio studiarsi il processo della formazione della torba; e per mostrarvi come tale formazione ci fornisca un bell'esempio di quei fenomeni attuali da cui il geologo sa

trarre la storia degli antichi mondi, ponetevi voi stessi ad osservare il taglio che venne praticato nella torbiera che vi è posta sott'occhi nel presente diagramma.

148. Sotto il superficiale terriccio, coperto di erbe e di eriche, giace la torba, in forma di una massa bruna fibrosa superiormente, che diviene sempre più com-
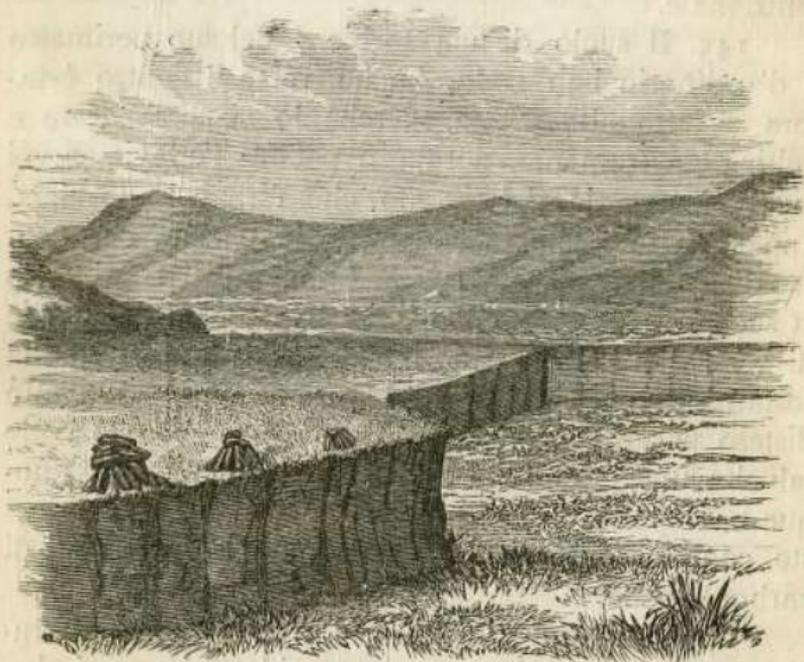
Fig. 20. — Sezione di una torbiera dove la torba è tagliata in piccoli pezzi che stanno disseccandosi per esser messi a bruciare.

patta mano mano che si discende, diventando al tempo stesso più nera e omogenea, finchè verso il fondo si è fatta nerissima ed ha perduto ogni apparenza di fibrosità. Sotto la torba giace sovente uno strato di argilla fina, zeppa di gusci di piccole conchiglie d'acqua dolce. È già avvenuto sovente nella Gran Brettagna ed anche

da noi, per esempio nelle torbiere di Bosisio, della Brabbia, di Marcurago, d'Ivrea, che dalla torba o dal fondo di essa, si estraessero dei canotti scavati, come quelli dei selvaggi delle isole dell'Australia, in grossi tronchi, e molte altre reliquie di un'industria antichissima riferibile ai nostri rozzi antenati, di cui la storia non ci ha tramandato nessuna notizia.

149. Una torbiera vi narra adunque già un piccolo brano della storia del globo. Almeno è la storia della formazione delle torbe, che, ordinando i fatti, noi possiamo narrare così.

150. Cominciando dal fondo, primo a deporsi fu lo strato d'argilla che abbiamo descritto. Un simile strato, ormai lo sapete, non potè deporsi che sott'acqua. Siccome questo strato ha una potenza abbastanza considerevole, non si può a meno di ammettere che venne deposto, non già da un ruscello o da un pantano affatto casuale, ma da un corpo d'acqua esteso e profondo, come sarebbe un lago. Le conchiglie poi ve lo dicono chiaro, mentre esse appartengono a specie lacustri, a specie che vivono ancora nei laghi che si trovano nei dintorni. Ecco dunque un primo fatto accertato, ed è questo: che un lago esisteva già dove al presente esiste la torbiera. Voi potete anzi tracciare il contorno di questo lago, mentre il rilievo che contorna il piano torboso doveva essere quello stesso che contornava il lago, sul quale vogavano i nostri rozzi antenati, spingendo quei canotti che a volte a volte noi andiamo diseppellendo dal fondo della torbiera.

151. Sopra lo strato di argilla, che segna il fondo dell'antico lago, riposa quello assai più poderoso di torba, composto esclusivamente di materie vegetali. Evidente-

mente la torba ha preso il posto dell'acqua che è scomparsa. È evidente, voglio dire, che i vegetali hanno riempito quel lago poco profondo, e poi convertironsi in torba. Non è difficile di sorprendere la natura nell'atto che continua ancora cheta cheta questo lavoro di trasformazione. Non è raro il caso che, nel mezzo di una torbiera, come quella che è disegnata nella figura 21, voi troviate un piccolo stagno. Che altro può essere se non un avanzo di quel lago che prima ricopriva tutto il
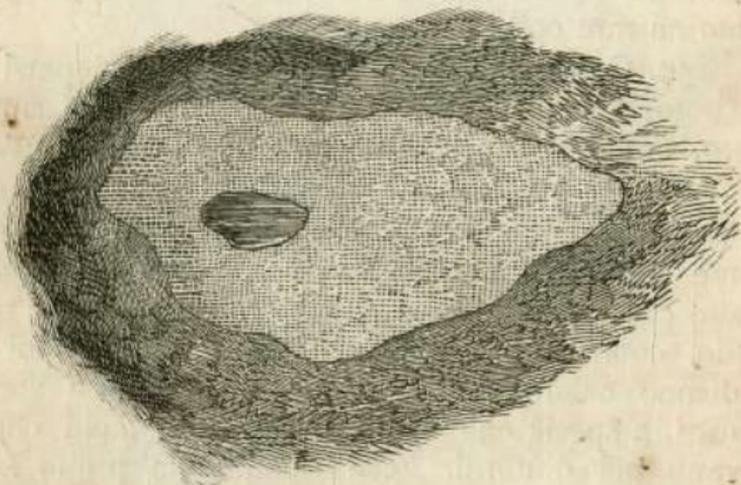
Fig. 21. — Piano topografico di una torbiera che cinge un piccolo stagno avanzo dell'antico lago riempito di torba.

piano della torbiera? Presso i margini del superstite stagno voi trovate in pieno vigore dovunque quelle stesse piante palustri di cui formossi la torba. Tentate il fondo con una pertica e la ritirerete sporca di quella stessa sostanza torbosa fina, nera e bruna, che continua a formarsi colla decomposizione delle radici e delle fibre legnose. In oggi esiste ancora una certa profondità d'acqua tra il fondo coperto di vegetali decom-

posti, ossia torbificati, e quella specie di tappeto di piante vive che ricopre la superficie dello stagno. Ma alla fine quelle piante dovranno pure riempire quello spazio, e quella reliquia dell' antico lago dovrà un giorno, come già il lago stesso, venir sostituito da un solido letto di torba.

152. Conchiudendo, le torbiere nacquero dal riempimento di altrettante paludi o laghi poco profondi, operato dallo svilupparsi e dal morire delle piante acquatiche, e l' accumularsi delle loro spoglie in decomposizione sopra l'area stessa dove crebbero e morirono. Le torbiere, come gli strati di carbon fossile, mostrano che il crescere e il morire delle piante può dar luogo, in opportune condizioni, a depositi vasti e potenti.

II. — ROCCE FORMATE DI RELIQUIE D'ANIMALI.

153. A pensarci, e' sembra che non possa verificarsi troppo facilmente il caso che reliquie animali possano accumularsi in tal numero in seno alla terra, da formarvi dei depositi appena considerevoli. Benchè durante l'estate l'aria formicoli d'insetti e di uccelli; benchè vivano in così gran numero nei prati e nei boschi i conigli, le lepri, le talpe e tanti altri animali; voi non avrete mai visto che le loro spoglie formino dei depositi alla superficie del suolo. Anzi non v' ha cosa, direi, che si conti più di rado d'un animale morto. Per lo più vanno a morire lontani dalla luce del sole, e i loro cadaveri in breve si decompongono e scompajono. Eppure scegliete dei luoghi opportuni, e vedrete che gli animali, come le piante e più delle piante, formano delle accumulazioni enormi.

154. Il letto d'argilla che serve di pavimento alle torbiere (§ 148) trovammo zeppo di conchiglie di specie viventi nei vicini laghi. I laghi stessi (non scarseggiano in Italia, quando ci piaccia verificare il fatto) mostrano il fondo talmente popolato di tali conchiglie, che basta levarne colla cucchiaja un po' di fango per vedere come esso consta di una sostanza argillosa, chiamata marna, composta quasi tutta di gusci in tutti gli stadî di deçomposizione. Ciò vuol dire che i molluschi ci vivono in così gran numero, da formare colle proprie spoglie un deposito sul fondo. Alcuni di questi laghi furono, in tutto o in parte, colmati dalla vegetazione o dal detrito fangoso (§ 151). Altri furono prosciugati artificialmente e convertiti in terra asciutta. Scavando il suolo dove il lago esisteva, arriverete indubbiamente alla marna che formerà uno strato profondo talora molti metri. Qui troverete talvolta, oltre le conchiglie d'acqua dolce, scheletri di daini, di buoi selvatici e di altri animali che si affogarono nelle acque, ovvero canotti, armi di selce, stoviglie ed altre reliquie dell'industria di antichi popoli che abitarono il paese, quando i laghi e i boschi, ora scomparsi, esistevano ancora. In certi paesi, dove scarseggia il calcare, le marne lacustri si adoprano in gran copia per l'emendamento dei terreni. Così le fragili conchiglie lacustri possono darvi ragione della formazione di certe rocce, risultanti appunto dall'accumulamento di reliquie d'animali.

155. Ma il fondo dell'oceano ci presterà esempî ben più meravigliosi di tali formazioni, le quali possono aver luogo a profondità di centinaja e migliaja di metri, sopra estensioni di centinaja e migliaja di miglia quadrate. Ne parlammo già nelle *Prime nozioni di*

geografia fisica, § 236-247, quando si fece menzione degli scandagli eseguiti nelle maggiori profondità, e di quel finissimo fango, quasi interamente composto di minuti organismi, che ricopre per la massima parte il letto dell'Atlantico. Discorriamone un po' più a proposito.

156. Ad ovest della Gran Brettagna, l'Atlantico si sprofonda ancora presso alle coste rapidamente. Il suo fondo però è piatto talmente che fin verso il Banco di Terranova figura come un'immensa pianura, sommersa per la massima parte fino ad una profondità di 4 a 5 mila metri. È su questa piattaforma sottomarina che venne deposto il gran cordone telegrafico, previo un gran numero di scandagli, praticati in tutte le direzioni tra l'Irlanda e le coste degli Stati Uniti (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 234). Ad eccezione delle parti più basse presso il littorale, dove il fondo trovossi coperto di ghiaje o di sabbie, di fango ordinario, lo scan-

Fig. 22. — Saggio di *ooze* dell'Atlantico osservato col microscopio sotto un ingrandimento di 25 diametri.

daglio non vi trovò altro che una certa sostanza bianco-grigia, appiccicaticcia, chiamata *ooze*, la quale deve coprire un' estensione di centinaja e migliaja di miglia quadrate. L'*ooze*, quando sia secco, si rassomiglia alla così detta *creta bianca*, cioè a quel calcare bianchis-

simo, pulverulento, simile al gesso cotto, straricco di corpi organici, tanto sviluppato sulle coste della Manica. Soltanto l'*ooze* è più sporco. Si può procurarsene una piccola quantità chiusa tra due vetri da sottoporsi al microscopio. Guardandola ad occhio nudo, voi credereste che quella roba non sia altro che un po' di polvere appiccicata al vetro. Ma la lente, o meglio il microscopio, vi mostreranno ben altro. Quei pulviscoli sono altrettante conchiglie della così detta classe delle *Foraminifere*, alcune intere, altre spezzate, tutte con grande eleganza punteggiate e cesellate (Fig. 22). Pensate che quelle graziose creaturine vivono a milioni di milioni sul fondo dell'oceano, dove vanno ricoprendo migliaja di miglia quadrate di un deposito, il quale, col succedersi di infinite generazioni, va indefinitamente ingrossando. Che deve essere avvenuto? che avverrà coll' andare dei secoli? Se poteste misurare soltanto di quì a cent'anni, trovereste che il deposito si è sensibilmente elevato, come vediamo in breve ora levarsi alto la neve d'inverno; e in quella terra composta di scheletri troveremmo chi sa quanti scheletri di stelle di mare, di granchi e d'altri animali assai più grossi, che furono scoperti ugualmente viventi in gran copia in quelle immani profondità. Non v' ha dubbio però che già a quest'ora gli abitatori delle profondità subatlantiche abbiano fabbricato, tra l' Irlanda e gli Stati Uniti, un deposito organico della grossezza di centinaja di piedi. È questo un secondo, ma assai più luminoso esempio, il quale ci mostra come possano gli organismi creare delle masse rocciose di qualsivoglia potenza.

157. Ci giovi ora ricordarci di quel pezzo di calcare, che avevamo preso ad esaminare dopo l'arenaria e il granito (§ 28), e confrontiamolo coll'*ooze* dell'A-

tlantico. Nel suddetto calcare anzitutto, senza star troppo a guardare, troverete sovente conchiglie, coralli, ricci marini ed altri fossili di specie marine, interi o in frammenti (Fig. 23). Ciò basta per convincervi che il calcare fu deposto sul fondo del mare. Ma, osservando come si deve, troverete che esso calcare non solo contiene delle reliquie d'animali, ma ne è spesso tutto formato. Se siete fortunati nella scelta del pezzo, e lo trattate come vi fu suggerito precedentemente (§ 28), vi scoprirete un numero infinito di piccole conchiglie (Fig. 3), che
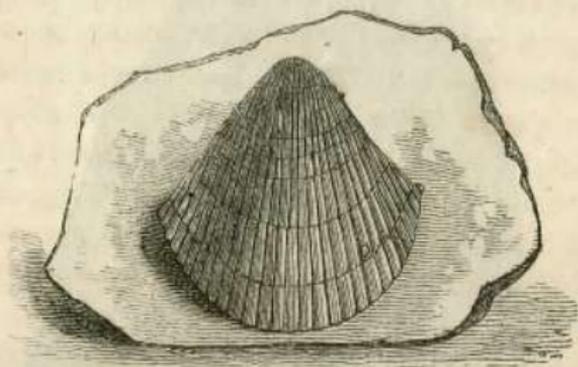
Fig. 23. — Pezzo di calcare della creta bianca con una conchiglia fossile.

hanno tutta la somiglianza con quelle dell'*ooze* (Fig. 22), miste a frammenti di altre conchiglie maggiori, ed a reliquie di altri animali. Dunque il calcare (della *creta bianca*) è formato di spoglie d'animali marini, talora intere, talora così sminuzzate e triturate che non si riesce più nemmeno ad indovinarne la classe. Non dovete turbarvi se, anche dopo ripetuti esperimenti, non arrivate a distinguere nel calcare nessun organismo (§ 132), e null'altro che bianchi granuli informi. Quei grani sono invero frammenti di organismi, ma

pesti; e sarebbe vano di cercarvene uno intero e ben conservato. Ma non stancatevi di cercare, e non vi mancherà la fortuna d'imbattervi in uno di quei gruppi di microscopici organismi che corrispondono alla fig. 3, la quale rappresenta appunto un pizzico di calcare della creta bianca di Gravesend.

158. Ma il calcare della creta bianca non è che

Fig. 24. — Pezzo di calcare che mostrasi composto di reliquie di animali.

una delle formazioni composte per intero di reliquie animali. Molti e molti calcari ne sono ugualmente formati. Eccovene, per esempio (Fig. 24), un pezzo il quale, essendo rimasto lunghi anni esposto all'atmosfera, si mostra tutto coperto di entrochi, coralli, conchiglie ed altri testacei. Esso vi dipinge un breve spazio del fondo dell'antico oceano. E' vi par di vedere

ancora laggiù dispersi quei pezzi così ben scolpiti, staccati or ora dalle vaghe creature che erravano od ondeggiavano così graziosamente in fondo alle limpide acque del mare. Voi potete ricomporre quegli entrochi e farvi un'idea di quegli antichi encrini o *gigli di mare*, ora spenti; mentre le conchiglie e gli altri organismi vi ricordano quelli che coi vostri propri occhi osservaste sul fondo dei pelaghetti sparsi sul lido, al ritirarsi dell'alta marea (§ 114).

159. Se tanto può narrarvi un pezzetto di calcare, pensate quanto potranno suggerirvi quei colli, quei monti, quelle catene di montagne, tutte composte di calcari, deposti, strato sopra strato, fino a raggiungere una complessiva grossezza di parecchie centinaja di metri, e una estensione di più centinaja di miglia quadrate. E di queste enormi masse calcaree, seminate, e talora tutto un impasto di reliquie di antichi animali marini, voi potete vederne in tutte le regioni del globo. Le Prealpi, per esempio, e gli Appennini dell'Italia meridionale, sono composti, per la massima parte, di calcari, ricchissimi di fossili. Camminando da valle a valle, da monte a monte, voi non fate che andar pellegrinando sui fondi degli antichi mari. Potrei ricordarvi Esino, dove enormi masse marmoree sono tutto un impasto di conchiglie di gasteropodi; Suello e il Buco del Piombo, dove il calcare rosso è zeppo di ammoniti talora colossali; i colli calcarei di Monate e di Centemero, sparsi di nummuliti a milioni; i marmi di Arzo, che sono altrettanti ammassi di terebratule ed entrochi; i calcari marnosi di Gorno, Dossena, sulla cui superficie le conchiglie bivalvi si pigiano talmente da non lasciar posto ad un grano di miglio: poi dovrei ricominciare a numerarvi le più celebri località fossili-

fere del Veronese, del Vicentino, del Friuli, delle provincie meridionali, e vi resterebbero ancora in Italia centinaja di località in cui potrei dirvi: guardate sotto i vostri piedi; voi camminate sopra un banco di corallo, sopra un mucchio di ostriche, e sempre, sempre, sopra il fondo di un antico mare.

160. E in tutto il mondo è così. I monti calcarei coperti talora di nevi perpetue, da cui discendono i ghiacciai, altro non sono che cumuli di spoglie di testacei marini, cementati insieme e divenuti roccia calcarea.

161. *Sommario.* Prima di procedere oltre, vediamo che cosa abbiamo appreso, ed a che punto siamo arrivati. Se io vi pregassi di farmi un sunto di quello che sono andato finora esponendovi, credo che vi riuscirebbe ad un dipresso così:

1) La superficie delle terre è di continuo lavata dalle piogge e rôsa dalle correnti, onde la produzione di una enorme quantità di fango, di sabbia e di ghiaja.

2) Questi materiali, tolti alle terre, sono deposti e accumulati alle foci dei fiumi, nei laghi e sul fondo del mare, formando enormi depositi che, indurendosi, divengono *rocce sedimentari.*

3) In questi stessi depositi trovansi impigliate spoglie di piante e d'animali, che, conservandosi nelle rocce sedimentari, prendono il nome di fossili.

4) Le piante e gli animali formano anche da sè depositi potentissimi sulla superficie del globo.

5) Le rocce costituenti le terre sono, per la massima parte, d'origine subacquea.

6) Le superfici delle antiche terre, già coperte di lussureggiante vegetazione, e rappresentate da depositi superficiali, come è il caso degli strati di carbon fossile,

scomparvero sotto la superficie presente, profondamente sepolte da ingenti masse di solida roccia.

162. A queste conclusioni noi siamo giunti passo passo, dimostrando coi fatti e a tutto rigore di logica quanto venivamo enunciando. Così adagio adagio noi ci trovammo faccia a faccia colle prove più sicure che (in qualunque modo ciò sia avvenuto) le terre e i mari hanno sovente cambiato di posto sulla superficie del globo. Il mare sollevava una volta le onde spumeggianti su quello stesso spazio, dove in oggi le montagne rizzano le nevose creste. Ma al modo stesso vedemmo foreste, che ombreggiavano antiche terre, sepolte nelle viscere del globo. Come si compirono così meravigliose rivoluzioni? Per rispondere abbiamo bisogno di conoscere prima un pochino la storia dell'ultimo dei tre grandi gruppi in cui abbiamo divise le rocce che compongono la crosta del globo; abbiamo bisogno, cioè, di studiare la formazione delle rocce ignee.

ROCCE IGNEE O CRISTALLINE

I. — CHE COSA SIANO LE ROCCE IGNEE O CRISTALLINE.

163. Ritornando a quanto abbiam detto in uno dei primi paragrafi (§ 44) di questo libro, ci ricorderemo d'aver diviso le rocce in tre grandi gruppi, applicando al terzo il nome di rocce ignee. Questo appellativo di ignee vorrebbe dire, alla lettera, generate dal fuoco: però in questo senso non risponde esattamente al concetto della loro generazione; ma si usò e si usa, per indicare tutte quelle rocce le quali furono generate

nell' interno del globo e portate alla sua superficie per mezzo dei vulcani. Le rocce ignee adunque devono la loro origine all'azione molto complessa del calore interno, sul quale abbiamo detto già qualche cosa (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 252-265) e vogliamo dire di più.

164. Il primo fatto che vi si presenterà probabilmente, studiando le rocce ignee, è questo; che esse sono in minoranza, confrontandole colle rocce appartenenti alle altre due classi. Osservate la Gran Bretagna. Nel traversare quelle contrade, voi v' imbattete dappertutto con rocce sedimentari; mentre passeranno più giorni di viaggio senza incontrarvi con una roccia ignea. Nel sud-est dell' Inghilterra non ce n'è affatto. Nella Nord-Walles invece, nel Cumberland e nella Scozia centrale, le rocce ignee sporgono sovente in forma di colli pittoreschi e di fantastiche rupi dal suolo. Abbondanti in una regione, scarseggiano in altra. L'Italia è un paese dove sono singolarmente sviluppate. Se molti dei colossi alpini sono composti di graniti, sieniti, dioriti; abbondano i porfidi nelle Prealpi, le serpentine negli Apennini, a cui bisogna aggiungere i basalti, le lave, i tufi vulcanici dei grandi distretti vulcanici del Vicentino, degli Euganei, della Sardegna, dell' Italia centrale, del Napolitano, delle Lipari, ecc. È dunque importante di imparare a distinguere codeste rocce ignee e di conoscerne la storia.

165. Da ciò che abbiamo detto circa i vulcani nelle *Prime nozioni di geografia fisica* (§ 258), dovete aver appreso a distinguere due classi di materiali solidi che ne sono il prodotto. Appartengono alla prima classe le *lave*, ossia le rocce che, allo stato di fusione apparente, sono vomitate dai vulcani in eruzione. Alla

seconda appartengono i *detriti vulcanici*, ossia le *ceneri*, le *sabbie*, i *lapilli*, le *pietre*, che sono dai vulcani stessi sperperati nell'aria, e ricadono sui fianchi della montagna vulcanica, e sono talvolta disseminati all'ingiro fino alla distanza di centinaja di chilometri.

166. I materiali rocciosi sono dunque emessi dall'interno del globo sotto due forme molto differenti. Le lave divengono, col raffreddarsi, rocce compatte e durissime. I detriti vulcanici anch'essi, benchè dapprima incoerenti, acquistano col tempo, mediante la compressione, una certa durezza, e formano delle
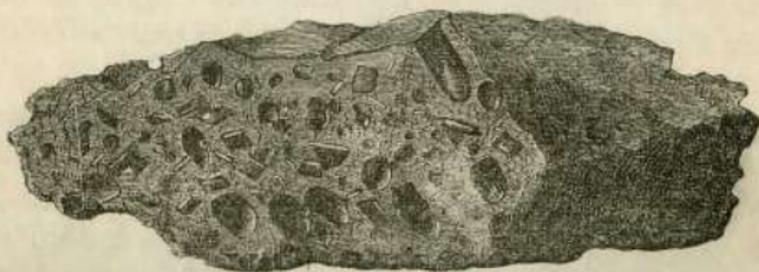
Fig. 25. — Pezzo di lava nel quale si osservano i cristalli ond'è composta, e le cavità bollose, prodottevi dallo svolgimento del vapore.

masse rocciose, molto salde talvolta, ma non mai tanto come le lave. Sono però tutte ugualmente rocce vulcaniche. Osservando le lave ad occhio nudo, e quando faccia bisogno colla lente, vedrete che esse sono per lo più interamente composte di *cristalli* distinti, ma così aderenti gli uni agli altri da formare una massa compatta, d'un sol pezzo. Le rocce vulcaniche detritiche invece, benchè sparse anch'esse, anzi formate di cristalli, presentano la forma di ammassi di *frantumi* di lave, i quali possono avere tutte le dimensioni possibili, dal granello impalpabile alla rupe. Riteniamo

dunque questa distinzione di lave o *rocce cristalline* propriamente dette, e di *rocce vulcaniche detritiche*, e cominciamo a discorrere delle prime.

167. *Rocce cristalline.* Il pezzo di granito già da noi esaminato (§ 26) è un saggio perfetto delle rocce
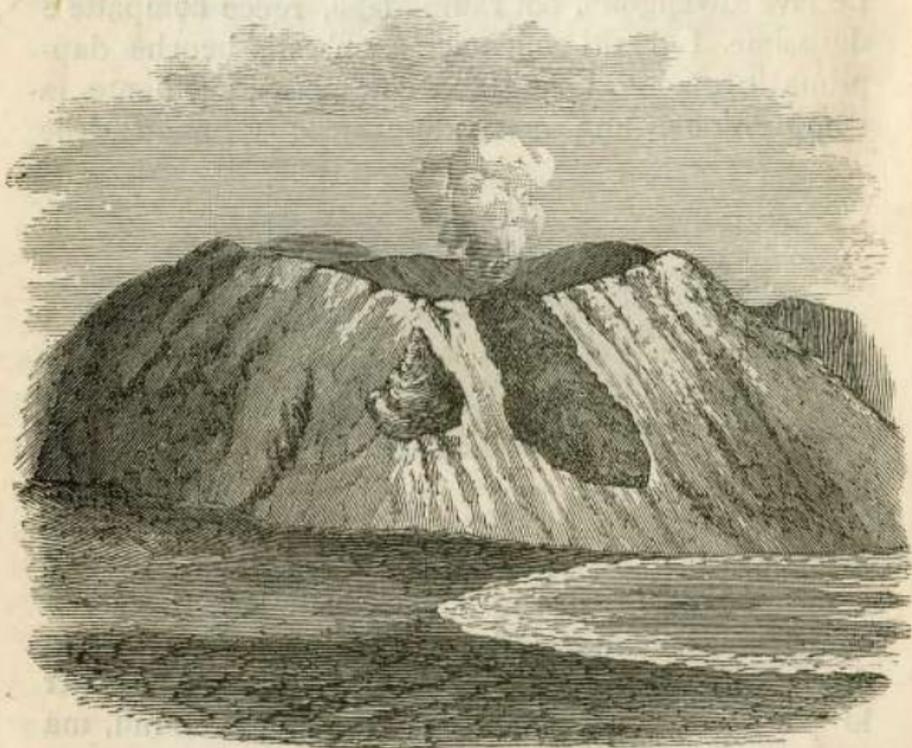
Fig. 26. — Veduta del lato settentrionale dell' isola Vulcano nelle Lipari con una corrente di lava nera che si arrestò prima di giungere alla base del cono.

appartenenti alla prima classe cioè alle lave. Abbiamo veduto quanto sia diverso dalle altre, come sarebbe dalle arenarie e dai calcari. Ma vi hanno molte specie di rocce cristalline. La figura 25, per esempio,

vi offre un frammento staccato di una corrente di lava consolidata nel discendere lungo il pendio di un cono vulcanico. Voi ci distinguete dei cristalli neri e grossi, misti ad altri piccoli e di color più chiaro, che spiccano entro la massa apparentemente omogenea, la quale però, osservata colla lente, vi si mostrerebbe anch'essa interamente composta di cristalli minutissimi. Ma ci osservate anche un certo numero di cavità tondeggianti, ossia di bolle, come quelle che si osservano talora molto distintamente nel pane e nel cacio. Quando la roccia si consolidò, quelle bolle erano piene di vapor acqueo o di gas, il quale le gonfiava, tendendo a sprigionarsi dalla lava, come da un liquido bollente, o da una pasta in fermentazione.

168. Tutte le lave hanno più o meno distinti i caratteri descritti e resi visibili nella figura 25. La figura 26 rappresenta il lato settentrionale dell'isola Vulcano, dove si vede uno sgorgo di lava che, uscita dalla gola del vulcano, traboccò dall'orlo del cratere (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 256) e colò giù sul fianco del cono, ossia della montagna vulcanica. Essa era allora scorrevole: ma si indurò, raffreddandosi, tanto che non giunse nemmeno alla base del cono. Avvenne di essa come d'un piccolo fiume che gelasse nell'atto che si precipita giù per la china. Osservate ora la figura 27. Il cono è squarciato da cima a fondo, sicchè voi mirate l'interno del cratere; e ne è uscita una corrente enorme che, coprendo tutto il cono da quel lato, ne ha inoltre sorpassata la base. Così ad ogni sgorgar di lava, essa sfugge come corrente di roccia scorrevole dalla vetta o dai fianchi del cono. Come le ordinarie correnti, riempie le depressioni, scorre giù per le valli, di maniera che all'ingiro di un vulcano

attivo, queste sono talvolta riempite e sepolte sotto poderose masse di lava dal vulcano stesso vomitate. Anche le correnti di lava, come i fiumi, variano di potenza. Nella figura 26 voi ne vedete una così debole che non potè nemmeno raggiungere la base del cono: ma nella famosa eruzione dello Skaptar Jokul, avvenuta in Islanda nel 1783, due enormi correnti furono successivamente eruttate, una delle quali corse 46 miglia e l'altra 40. Esse misuravano da sette a dodici
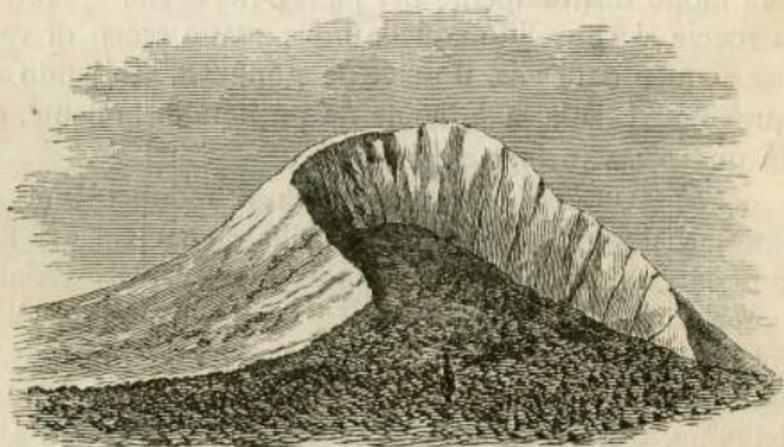
Fig. 27. — Veduta di una corrente di lava uscita dal cratere di uno dei vulcani spenti dell'Alvergna nella Francia Centrale.

fino a quindici miglia di larghezza, e fino a trecento metri di grossezza, ossia di profondità.

169. Se voi visitate una corrente di lava quando ha cessato di moversi od è interamente raffreddata, trovate che la sua superficie si presenta come una irregolare accumulazione di massi neri o bruni-oscuri, simili talvolta alle scorie che escono da un forno fusorio. Però sotto quella specie di ruvida copertura la roccia è compatta, di colore più o meno oscuro, e

contiene cristalli distinti in mezzo ad una pasta d'apparenza omogenea, e spesso delle bolle, come nella figura 25. Molte volte la lava, solidificandosi, assume l'aspetto di un colonnato talora molto curioso e assai bello a vedersi. I colonnati della Grotta di Fingal nell'isola di Staffa, e il così detto Pavimento de' Giganti in Antrim, hanno questa origine. Di tali gruppi di co-
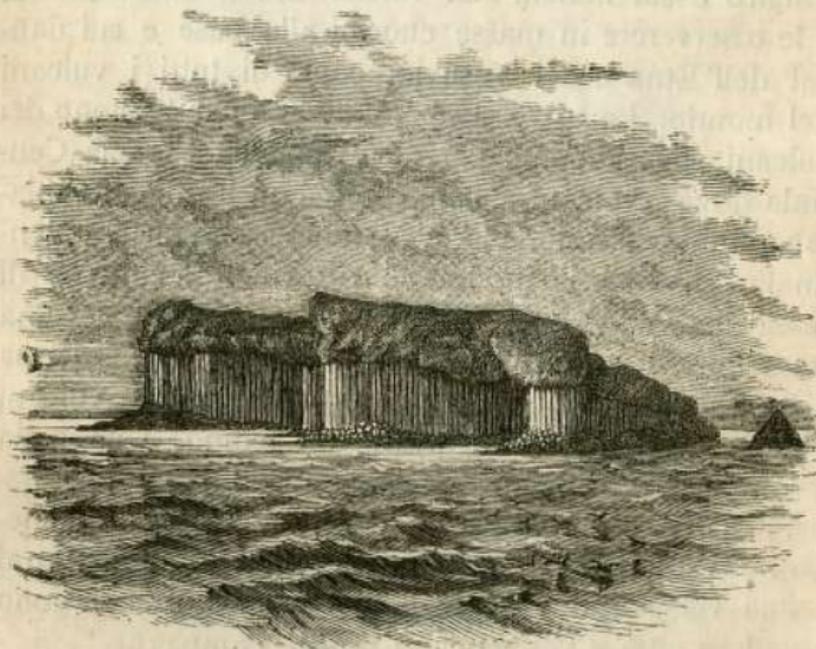
Fig. 28. — Veduta della Grotta di Fingal nell'isola di Staffa.

lonne e di tali pavimenti, ne offrono di bellissimi i basalti del Vicentino, del lago di Bolsena, ecc. Quelle masse colonnari, dette anche basaltiche, erano in origine espandimenti di lava. Questa si contrasse, diminuendo di volume nel solidificarsi, e si divise così in prismi, talora di una regolarità sorprendente. È facile di produrre artificialmente qualche cosa di molto simile

alle così dette forme basaltiche. Stemprate dell' amido nell' acqua calda, dimenandolo ben bene sicchè formi una pasta: lasciandolo poi riposare vedrete che, mano mano che si solidifica, si divide in colonnette prismatiche che imitano per bene le colonne basaltiche.

170. Vediamo ora dove si incontrano le rocce di questa classe. Naturalmente, dite voi, si presentano all' ingiro e sui fianchi dei vulcani attivi. Così è difatti, e le osserverete in masse enormi alla base e sui fianchi dell' Etna e del Vesuvio, come di tutti i vulcani del mondo. Le troverete però anche dove esistono dei vulcani spenti, come per esempio nella Francia Centrale dove i vulcani spenti, simili a quello di cui abbiamo dato il disegno (Fig. 27), si numerano quasi a centinaja. Girerete il mondo, e ritroverete centinaja di paesi dove non si conserva nessuna memoria, nessuna tradizione, nessun documento storico di eruzioni; ma le rocce vulcaniche son là, testimonî che i vulcani v' ebbero sede e vi imperavano un tempo. Una volta insomma che abbiate appreso a distinguere quel genere di rocce che abbiamo descritte, esse v' indicheranno i focolari di vulcani che forse milioni d' anni prima versavano torrenti di fuoco, dove ora sorgono popolose città e verdeggiano floride campagne.

171. Come ridono, coperti di paesi, di ville, di giardini, di boschi e di campi, i colli Berici! Eppure quei colli non sono che mucchi di lave e di detriti vulcanici, che estendono poi i loro dominî sopra sì gran parte del Vicentino, del Veronese e del Tirolo. Al piede degli Euganei, dove si dilatano enormi correnti di antichissime lave, fumano ancora le stufe e le terme, indizio d' una attività vecchia, ma ancora non spenta del tutto. I colli Cimini e le monta-

gne della Tolfa sono egualmente vulcanici. I laghi di Bolsena, di Vico e di Bracciano sono altrettanti crateri, circondati da cento minori; e tutto è vulcanico, i colli e la pianura che si estende fino al mare, ed è chiamata Campagna di Roma. I colli Laziali non sono anch'essi che un gruppo di vulcani, e lo sono del pari le alture di Ticchiena, di Pofi, di Rocca Monfina, dei Campi Flegrei e del Vùlture, che sempre più ci avvicinano ai vulcani storici di Napoli e di Sicilia.

172. Vi sono però delle rocce cristalline le quali, benchè abbiano sostanzialmente tutti i caratteri delle lave, in quanto sono anch'esse un impasto di cristalli, e presentano i caratteri chimici delle lave, ne differiscono per certi caratteri accidentali e perfettamente negativi. Tipo di queste rocce, che i geologi vollero distinguere col nome di *plutoniche*, è il granito che voi conoscete per bene (§ 26). Non si trovò finora un granito sparso di bolle, formante una verà corrente dipendente da un cono vulcanico. Per spiegar queste differenze tra i graniti e le lave che si conoscono come eruttate dai vulcani, molti, e l'autore di questo libro tra gli altri, vogliono che si tratti di lave non emesse al difuori, ma cristallizzate e raffreddate nell'interno del globo, cioè sotto enormi masse di altre rocce. Il traduttore di questo stesso libro sostiene invece che i graniti e le altre rocce cristalline consimili siano state eruttate dai vulcani come le altre lave, ma da vulcani sottomarini, nelle sottomarine profondità, sotto l'enorme pressione delle acque, che impedì l'espansione e lo sprigionamento dei vapori, per cui venne impedita la formazione delle bolle e dei detriti vulcanici, e quindi del cono vulcanico. Comunque, si tratta pur sempre di lave, cioè di impasti di cristalli,

aventi da principio una certa fluidità, che perdettero poi, consolidandosi per raffreddamento. La fluidità o pastosità del granito è dimostrata dalle vene che il granito invia, talora sottilissime, nelle rocce che gli stanno sopra o dintorno. Come il granito poteva così injettarsi nelle spaccature delle rocce, se non godeva di quella fluidità che è propria delle lave ordinarie?

173. O formatosi e consolidatosi nelle viscere della terra, o sparso alla superficie nelle profondità sottomarine, come può ora il granito trovarsi sotto il libero cielo, anzi formare le creste ignude delle Alpi? Il problema non è così facile a sciogliersi; ma spero che possiate intenderne la soluzione, quando sarete giunti a quella parte di questo libro, dove si definisce ciò che si intende sotto il nome di *crosta terrestre* (§ 239).

174. *Rocce vulcaniche detritiche.* La figura 29 vi presenta un pezzo di roccia, che è un frammento di un letto di detrito vulcanico consolidato. I frammenti
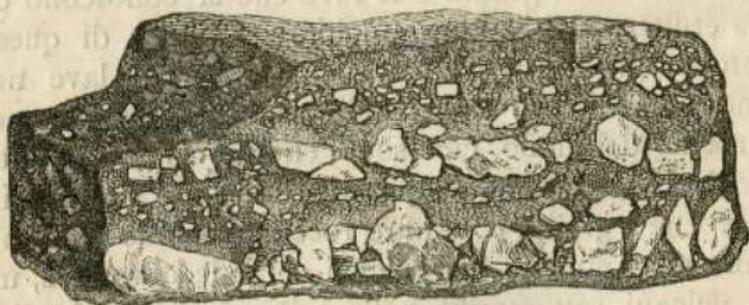
Fig. 29. — Pezzo di tufo vulcanico, ossia di roccia composta di fine detrito vulcanico consolidato.

di cui si compone sono angolosi, alcuni più o meno grossi, altri finissimi, e non son altro che pezzetti di lava, misti talora a frantumi di altre rocce, i quali fu-

rono lanciati in aria dal vulcano in eruzione. Osserverete che presentano il fenomeno della stratificazione, talora molto deciso. Non c'è da meravigliarsene, mentre quegli ammassi sono formati da cadute successive di materiali, cioè a strati che si sovrappongono regolarmente. Lo strato a frammenti più grossi che sta alla base (Fig. 29) indica una pioggia di pietruzze, ossia di lapilli, a cui succedette una pioggia di frammenti più minuti, ossia di sabbia e di cenere, rappresentato dallo strato superiore. È sotto un tal genere di materiali che venne sepolta la città di Pompei durante la prima storica eruzione del Vesuvio nel 79 dell'era volgare (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 259). I lapilli, le sabbie e le ceneri, piovvero su quella città in tale abbondanza che le vie e le case furono colmate e sepolte. Gli scavi che si continuano anche oggidì per porre allo scoperto quelle sontuose ruine, mostrano come tutto venne coperto da detriti vulcanici o incoerenti o fangosi, formanti un gran letto composto di strati diversi, le cui sezioni presentano un qualche cosa che molto si assomiglia a ciò che si vede nella figura 29.

175. Spesso i detriti vulcanici, piovendo sopra il mare o sopra un lago, sono più o meno elaborati e distribuiti dalle acque, e formano un deposito sul fondo, da cui possono venir coperti e conservati fossili spoglie di piante e di animali, che vi si trovavano prima dell'eruzione. Ciò è avvenuto sovente anche nei passati tempi. Nelle montagne di Snowdon nella Wales, per esempio, i detriti vulcanici consolidati acquistarono centinaja di metri di potenza, e voi potete estrarne conchiglie ed altre reliquie di animali marini, le quali dimostrano come quel deposito formossi in

seno alle acque. Dei letti somiglianti ricoprono nella Scozia strati di carbon fossile. Nel Vicentino certi letti di detrito vulcanico son tutti un impasto di conchiglie marine. Questi conglomerati, che ricoprono tutta la Campagna romana e gran parte del territorio di Napoli, son detti *tufi.*

II. — COME NACQUERO LE ROCCE IGNEE O CRISTALLINE.

176. Se io domando quale sia la sorgente delle rocce cristalline, voi mi rispondete che esse escono fuori dalle regioni interne del globo, dove regna un'altissima temperatura. Nelle *Prime nozioni di geografia fisica* (§§ 252-265) abbiamo pigliato diversi appunti sopra le interne condizioni del globo, e sulle prove dell'alta temperatura che vi esiste. Non fa bisogno di ricordarvi quanto sia insignificante la parte dell'interno del globo che si conosce direttamente, partendo pure se si vuole dalla più alta cima di monte, per arrivare in fondo alla più profonda miniera. Vogliamo ora riportare alcuni particolari che valgano a porre in evidenza l'intensità del calore interno, e i rapporti tra questo calore e i movimenti e le rivoluzioni che avvengono alla superficie del pianeta.

177. Discendendo fino al fondo di una miniera che attinga una considerevole profondità, vi trovereste una temperatura più alta di quella che si verifica presso la superficie del suolo. Questo si osserva in tutte le miniere del globo. Trovereste di più, fatti i debiti confronti, che la temperatura è tanto più elevata, quanto maggiore è la profondità. Così se riusciste a scavare un pozzo di qualche centinajo di metri di profondità,

postovi un termometro sul fondo, vedrete salire il mercurio.

178. Esperimenti di questo genere furono fatti in tutte le regioni del globo, e si ebbe per risultato che ad una profondità variabile, ma sempre breve, dalla superficie, troviamo un certo grado di temperatura, che si mantiene costante in tutte le stagioni. Oltrepassato questo limite, che si suole indicare col nome di *strato a temperatura invariabile*, la temperatura stessa cresce all' incirca di un grado centigrado ad ogni 30 metri di discesa. Se dura questa progressione, non saremo discesi un migliajo di metri, che già proveremo un calore insopportabile. Ad una profondità di circa tre chilometri, l' acqua dovrebbe già trovarsi in piena ebollizione, e a quella di 40 a 50 chilometri tutti i metalli dovrebbero fondersi. Immaginatevi dunque quali enormi temperature devono trovarsi nelle profondità del globo, quando si pensi che una incisione di 50 chilometri a partire dalla superficie, non sarebbe che una scalfittura.

179. Anche per altre vie si arriva alle stesse conclusioni. La città di Bath è celebre da secoli per le sue sorgenti termali, che sgorgano dal suolo con una temperatura di quasi 45 del termometro centigrado, cioè maggiore di quella dei bagni caldi ordinarî. Quelle terme erano già note ai Romani, e chi sa da quanti secoli scorrevano prima che Roma fosse fondata. L'Italia vanta ben altre meraviglie di questo genere. Già utilizzate dai Romani erano, per esempio, la così detta *Bollente di Acqui*, e le terme di Abano, alle quali potremmo aggiungere il Bollicame di Viterbo, le Stufe d' Ischia, e cento altre sorgenti calde, che versano veri torrenti di acqua ad una temperatura di 50 e 70 e fin

di 100 e più gradi. Nè l'Italia è la terra più classica per tale ordine di fenomeni. Dovreste portarvi in Islanda per vedere i *geyser*, cioè quei getti enormi di acqua bollente, ad una temperatura fin di 140°, che sgorgano a intervalli con gran strepito, slanciandosi alto nell' aria
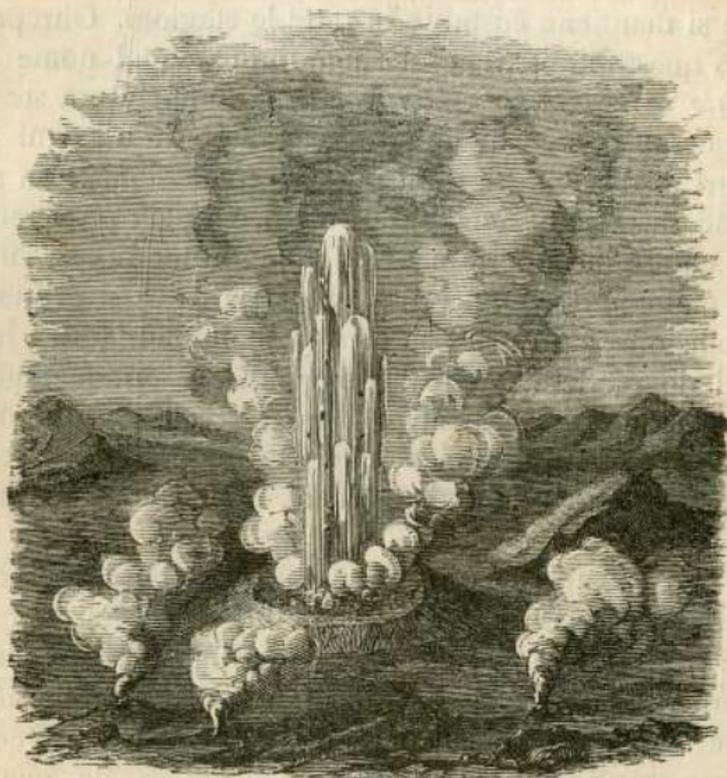
Fig. 30. — Veduta dei getti di acqua bollente, detti Geyser, d'Islanda.

a guisa di liquide, fumanti colonne (Fig. 30). E ancora l'Islanda la cede alla Nuova Zelanda, dove un lago d'acqua calda lungo tre miglia, è nudrito da centinaja di sorgenti termali e di *geyser*. Per alimentare da tanti secoli, in tutte le regioni del globo, tante centi-

naja di sorgenti d'acqua calda e getti di vapor acqueo, bisogna che sia ben alta e costante la temperatura che si mantiene nell'interno del globo.

180. Ma che vuol dire il caldo delle miniere o delle terme a petto di quell'altezza smisurata di temperatura, di cui sono così irrecusabile testimonio le lave incandescenti dei vulcani? Ad ogni eruzione una enorme colonna di vapor acqueo si rizza dalla bocca
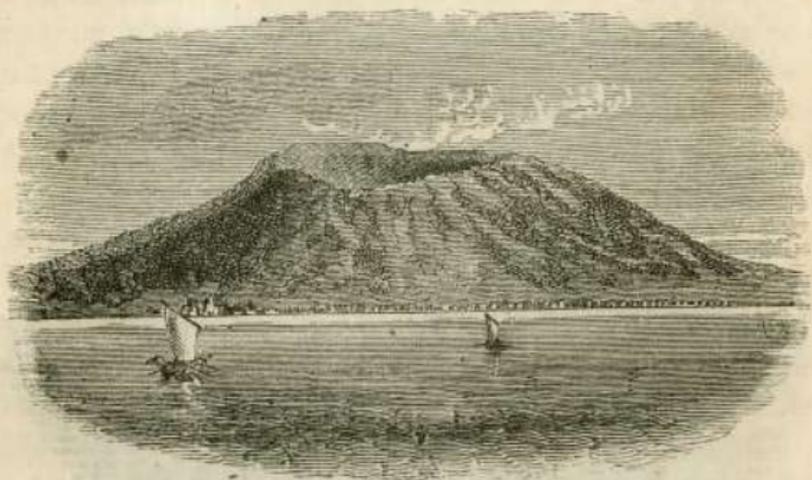
Fig 31. — Il Vesuvio come appariva probabilmente verso il principio dell'Era Cristiana.

del vulcano come tronco di pino, che stendendo i suoi rami nel cielo, seppellisce talvolta nelle tenebre provincie e regni. Aggiungi i torrenti di acqua bollente che, sgorgando dal cratere, portano talvolta la devastazione sopra tutta la circostante regione. Vengono finalmente lave, questi fiumi roventi, che rotando onde di fuoco giù pei fianchi della montagna ignivoma, destano ovunque gli incendî, tutto consumando, boschi, campi, giardini, città. Non sono questi testi-

monianze solenni dell'intensità del calore in quelle sotterranee regioni, da cui sbucano furiosi i vulcani?

181. Nè datevi a credere che v'abbiano al mondo soltanto un Vesuvio ed un'Etna. Gli autori contano all'incirca 270 vulcani attivi, noti cioè per avere, o di continuo o ad intervalli, eruttato vapori, detriti e lave. Ma vi hanno tutte le ragioni per credere che non siano giunti nel numerarli nemmeno alla metà. Biso-
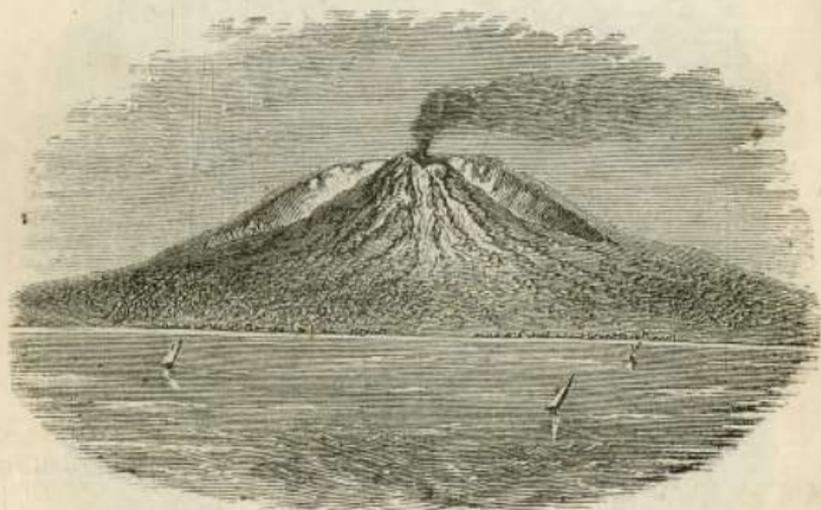
Fig. 32. — Il Vesuvio come si presenta oggigiorno.

gnerebbe, per comprendere come sian distribuiti sulla superficie del globo, avere un planisfero dove fossero indicati ciascuno al loro posto (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 260). Vedreste anzitutto come i vulcani si presentano in file serrate numerosissime a' piedi delle Ande e delle Cordigliere delle due Americhe, lungo le coste dell'Oceano Pacifico. Ve n'ha di colossali a dozzine, come il Cotopaxi che raggiunge i 18,877 piedi di altezza. Dalla estremità settentrionale

dell' America, quest' esercito di vulcani si ripiega verso le Aleuzie, il Kanschiatkā, il Giappone e l'Arcipelago della Sonda. La sola isola di Giava ne numera più di 40. Di qui un' altra catena di vulcani si diparte verso la nuova Zelanda, per finire ai limiti delle terre polari antartiche. Anche l' Oceano Atlantico ha la sua catena di vulcani, che si presentano a più larghi intervalli, avvicinandosi alle coste ora del nuovo ora dell'antico mondo. Comincia con una serie di isole vulcaniche che circondano da lontano l' Africa meridionale ed occidentale; passa quindi alle Piccole Antille; comprende in seguito le Canarie, le isole del Capo Verde, poi l' Islanda, e termina verso il polo artico coll'isola Jan Mayen. Anche ai grandi mari interni corrispondono altrettante serie parziali di vulcani. Così ha i suoi vulcani il Mar Rosso, e il Mediterraneo i suoi, fra i quali i celebri vulcani d'Italia e dell'Arcipelago greco, che sembrano continuarsi con quelli dell'Asia Minore e della Siria, terminando a' piedi del grande rilievo dell'Asia centrale.

182. Ho detto che gli autori non hanno forse numerato la metà dei vulcani che possono chiamarsi attivi. Sappiamo infatti che molti vulcani alternano i lunghi riposi coi passeggeri parossismi, e con periodi di attività diuturna. Cosi il Vesuvio non era noto agli antichi come vulcano attivo. Ciò vuol dire che nell'epoca greco-romana figurava come un vulcano estinto, mentre dovevasi chiamare dormente (Fig. 27). La prima eruzione storica avvenne, come abbiam detto, sul principio dell' Era Cristiana, e d'allora in poi persistè fino ai giorni nostri in una fase di quasi continua attività. Quante migliaja di eruzioni, e quante centinaja di vulcani attivi di più si potrebbero registrare, se la

storia della maggior parte del mondo non rimontasse che a quattro secoli o poco più? I vulçani che si dicono spenti, benchè rizzino ancora intatto il loro cono e spalanchino il loro cratere, si contano a migliaja in tutte le regioni del globo. Se poi ci accontentiamo, come a rigor di scienza il dobbiamo, di segnare un vulcano là dove esiste una roccia vulcanica; troveremo che i vulcani arsero a milioni sulla superficie del globo, e che furono un giorno distretti vulcanici attivissimi certe contrade ora tranquillissime. Così, per esempio, come in oggi l' isola di Giava, furono teatro di mille spaventose eruzioni, il Vicentino, e l' Italia centrale; come in tempi più antichi la Francia centrale, e prima ancora la Scozia.

183. Credo di aver detto abbastanza per persuadervi che l'attività vulcanica è fenomeno universale in ordine ai luoghi ed ai tempi, e che quindi è un fatto generale e veramente primitivo e fondamentale l'esistenza di quel calore centrale che dura così potente, senza dar segno alcuno di diminuzione o di spossatezza, fin dalle più antiche epoche del globo.

184. Ma l' emissione delle rocce cristalline non è la sola modificazione che apporta alla superficie del globo il calore interno. Si può ormai ritenere per certo che i *terremoti* (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 262) debbano molte volte la loro origine alle interne commozioni a cui dan luogo gli squilibri dell' interna temperatura.

185. Forse potrete domandarmi: perchè, se così alta è la temperatura interna del pianeta, non si fonde o almeno non si sente più caldo alla superficie? Infatti, secondo le idee ammesse universalmente, or fanno molti milioni di anni il globo era immensamente

più caldo. La terra, secondo queste idee, presentava qualche cosa di simile al nostro sole ardente, di cui anzi un giorno la terra e gli altri pianeti facevano parte, essendosene staccati più tardi. Nel lungo intervallo tra quella lontanissima epoca e la nostra, la terra si raffreddò grado grado; ed il calore che internamente perdura non è che il residuo di quella temperatura smisuratamente alta che regnava un giorno anche sulla superficie del pianeta. Primi a raffreddarsi furono appunto gli strati superficiali che divennero solidi. Siccome questi sono cattivi conduttori del calore; così non gli permettono di attraversarli e di disperdersi nello spazio, se non con estrema lentezza (*Prime nozioni di Geografia fisica*, §§ 64, 65). È perciò che, ad onta dell' altissima temperatura interna, non ci si rende punto scusabile quel riscaldamento della superficie il quale, per quanto si verifichi in grado minimo, non può certo mancare.

186. Per schiarire queste idee, supponete d'esser presenti ad un vulcano nell'atto che erutta dalla sua gola infocata una enorme corrente di lava. Dapprima quella lava vi abbaglia col suo candore dovuto all' incandescenza, e scorre come furioso torrente, così che l' occhio arriva appena a tener dietro alle sue mosse. Ma un centinajo di metri lontano dal punto di emissione, ecco che la lava di bianca si è fatta rossa, d'un colore di ciliegia, poi di un colore oscuro, e si rassomiglia ad una massa di bragia di carbone che si rovesci dalla grata sul suolo: al tempo stesso si è andata solidificando alla superficie, sicchè è ancora in movimento e rossa alla profondità di una spanna, che voi potete già attraversarla, camminandovi sopra impunemente. Ri-

tornate a vederla, se fa uopo, una dozzina di anni più tardi. La sua superficie è fredda, e vi presenta l'aspetto di un mare di rupi ruvide e nere. Eppure ad una profondità, certamente molto considerevole, la lava è calda ancora, e non vi sarà difficile abbattervi in certi crepacci, da cui sbuffa ancora il vapore sicchè, non potreste accostarvi la mano senza rischio di riportarne una buona scottatura. Se una corrente di lava impiega tanto tempo a raffreddarsi nell'interno, mentre fu così pronto il suo raffreddamento superficiale; non vi meraviglierete più se una massa, così sformatamente grossa come è quella del nostro pianeta, si trova ancora così calda nell'interno, mentre alla superficie è già solida e fredda da chi sa quanti milioni di anni.

187. È un fatto a voi noto perfettamente che un corpo riscaldandosi si dilata e si contrae raffreddandosi (*Prime nozioni di Geografia fisica*, § 49). Se dunque la terra era più calda una volta che adesso, doveva in allora occupare uno spazio maggiore. Raffreddandosi, scemò di volume, cioè si contrasse: e siccome continua a raffreddarsi; così continuerà a contrarsi. Ma questo processo avviene con una lentezza tale, che non ci è quasi possibile d'averne la percezione. Ma ben se ne osservano gli effetti sulle rocce. La contrazione non può mancare infatti di determinare degli squilibri, i quali devono alla loro volta determinare enormi pressioni e distorsioni. È facile intendere come ciò debba avvenire, quando si pensi che il globo è composto di materiali diversi, di rocce sedimentari, organiche, cristalline d'ogni specie, le quali devono godere di un potere ben diverso di condurre e di irradiare il calore, e quindi andar soggette ad un ben diverso grado di rapidità nel contrarsi. Perciò, come avviene della buc-

cia di un pomo che, disseccandosi, si aggrinza; così la superficie del globo deve in questa regione sollevarsi e in quella deprimersi, e al tempo stesso venir stirata e rotta. Vedremo or ora quali fatti dimostrano che, quanto abbiamo esposto in via di ipotesi, non è che storia di ciò che è realmente avvenuto nei passati tempi.

LA CROSTA DEL GLOBO.

I. — PROVE DEL SOLLEVAMENTO DI CERTE PORZIONI DELLA CROSTA DEL GLOBO.

188. Abbiamo soddisfatto alla prima parte del nostro assunto, che era di conoscere (§ 7) l'origine dei diversi materiali di cui consta la parte rocciosa superficiale del globo. Abbiamo veduto che le rocce si dividono in tre grandi classi, e di ciascuna di esse abbiamo studiata la composizione e trovata la genesi. Ma con questi fatti abbiamo appreso anche l'altro, che le rocce non formano una semplice copertura esterna, come sarebbe un tavolato di legno disteso sopra un pavimento, sicchè al disotto di quella copertura debba trovarsi qualche cosa assolutamente d'altra natura. No: al disotto delle rocce non si è potuto discendere giammai, non essendovi nè miniera nè pozzo per quanto profondi, che non abbian trovato fino al fondo quelle stesse rocce che si incontrano qua e là alla superficie.

189. Questa porzione superficiale del globo, sulla quale viviamo, ed entro la quale sono scavate le nostre miniere, e da cui sgorgano le sorgenti, si chiama la *crosta del globo*. Questo nome deve la sua origine

alla credenza, una volta universale, che il pianeta fosse una specie di sfera, composta di un liquido incandescente, chiusa entro una buccia sottile, solida e fredda. Ci fu un mare di dispute su questo punto, volendosi da alcuni che l' interno, ossia, come si diceva, il nocciolo del globo fosse solido; mentre i più sostenevano che fosse liquido. Ma intanto, qualunque fosse l' opinione dei disputanti, convennero tutti nel dare questo nome di *crosta* a quella porzione dello sferoide terrestre che può studiarsi direttamente, scendendo dalla sommità delle più alte montagne sino al fondo della più profonda miniera, salvo il ritenere che si sprofondi verso il centro almeno quaranta o cinquanta chilometri, cioè fin là dove ragionevolmente si può credere che le rocce mantengano quei caratteri che mostrano alla superficie.

190. Nella composizione della crosta del globo prevalgono le rocce *sedimentari*, ossia composte di detriti subacquei; occupano il secondo posto le *organiche*, e il terzo le *cristalline* che sono però, assolutamente parlando, sviluppatissime. In Italia, per esempio, facendo una pila di tutti gli strati detritici ed organici nell'ordine in cui vennero deposti, essa pila misurerebbe dalla base alla sommità da 20 a 25 chilometri almeno. Questi sono i materiali che compongono la parte solida del globo, fino alla massima profondità che si può attingere finora.

191. Ma da quanto fu esposto precedentemente risulta chiaro che molte e molte di quelle masse rocciose non si trovano più nella loro posizione originaria. La petraja da noi esaminata altra volta, (§ 119) ci offrì delle rocce le quali furono certamente deposte sul fondo del mare. Gli strati di carbon fossile invece, ora

sepolti nelle profondità terrestri, erano foreste che ombreggiavano la superficie di terre asciutte (§ 129). Come potè il fondo del mare trasformarsi in terra asciutta, e la superficie di una terra asciutta andar sepolta sotto centinaja di metri di dura roccia?

192. Cominciamo a vedere la possibilità del primo caso; e tra i molti esempj che potremmo riportare per

Fig. 33. — Veduta di una spiaggia elevata.

chiarire l'argomento, scegliamone uno evidentissimo che vi presenta la Gran Brettagna.

193. Lungo la linea delle coste delle isole britanniche corre un terrazzo morbido e piatto, che ha per confine il mare da una parte e dall'altra le rupi, ossia il rilievo quasi a picco del paese.

Sopra questo terrazzo sono fabbricate le città che si

conoscono come porti di mare, come per esempio, almeno in parte, Glasgow, Greenock e Leith. È così piano che, le strade vi corron via diritte per miglia e miglia tra campi di biade, praterie e villaggi. La figura 33 vi può dare un'idea di questa forma di paesaggio marino e mostrarvi sopratutto quanto sia piano e poco elevato sul livello del mare il terrazzo in discorso. Ciò che è molto osservabile è questo, che al piede delle rupi le quali si elevano (la figura 33 ve ne dà un esempio) sul margine interiore del terrazzo littorale, sono scavate delle caverne naturali. Standovi così a guardare quel lembo di terra così basso, così piano, che va a morire ai piedi di un rilievo ripido e quasi a picco, scavato al piede da caverne in più siti, non vi pare che quel rilievo appunto sia un'antica costa, e quel piano o terrazzo un' antica spiaggia appena sollevata e prosciugata? Non vi sentite quasi forzati ad imaginarvi il mare che riempie di nuovo quel littorale, e va colle furiose sue onde a frangere contro quelle rupi, per demolirle, cominciando a scavarvi al piede seni e caverne?

194. Ma codesta fantasmagoria non è proprio altro che una fantasmagoria? Vediamo. Portatevi verso il margine interno del terrazzo e considerate attentamente quella serie di caverne. Come mai tutte quelle grotte hanno potuto essere scavate nella dura roccia, sopra la stessa linea, tutte esattamente allo stesso livello, in modo che il pavimento di ciascuna coincida precisamente col piano del terrazzo ai pie' della rupe? Visitiamone una di quelle caverne. Festoni di ellera e di agrifoglio pendono dalla vôlta con vaghissimi intrecci, nè potete varcarne la soglia, senza aprirvi per forza la via tra i pungenti roveti. Finalmente eccovi

sul pavimento della caverna adorna di stalattiti, e tappezzata di felci, di muschi e di capilvenere, che ne rivestono i fianchi come di una verde tappezzeria. Ma tra gli strappi si mostra la nuda roccia, e voi potete accertarvi che essa fu erosa e lisciata, e presenta tutti i caratteri di una roccia elaborata dalle acque come quella che ne costituisce il pavimento. Uscite ora dalla grotta per osservare la nuda roccia al di fuori. Vedete come quella rupe, in seno alla quale è scavato quell'antro, è aspra, tagliata bruscamente, e di tempo in tempo si spezza e frana sotto l'azione degradatrice dell'atmosfera. Qui vi sono dunque due cause diverse che hanno agito su quella massa rocciosa: una che ha levigato l'interno della caverna, l'altra che ha reso così aspra la rupe all'esterno.

195. Non vi sarà difficile di spiegare questa differenza, quando vi ricordiate ciò che avviene nel caso che uno scoglio di dura roccia sia investito dalle onde (§§ 73-75). Avete visto come la roccia, fin là dove le onde possono arrivare, sono scavate e lisciate dal va e vieni incessante delle sabbie e delle ghiaje. Allo stesso modo lisciati trovate i seni e le grotte, dove le onde entrano ed escono, maneggiando la loro lima di
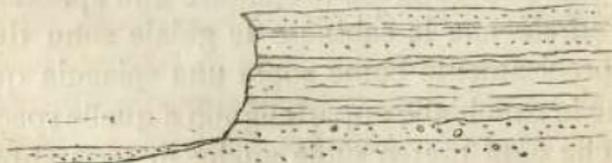
Fig. 34. — Spaccato di una spiaggia sollevata.

detrito roccioso. Vi foste recati anche una sola volta lungo una riva scogliosa, non potrete dimenticarvi il modo con cui le onde rodono le rocce. Ma ciò che

emerge sopra il livello a cui si alzano i marosi, cade sotto il dominio di altre forze. La pioggia, il gelo, le sorgenti, congiurano insieme a rendere aspre le rupi, e a staccarne dei frammenti, e a dare ad esse così quell'aspetto aspro ed angoloso che contrasta così vivamente colle rocce lisciate che stanno più basso.

196. Dopo aver posto mente a tutto ciò che avviene lungo una scogliera littorale, potete difficilmente dubitare che la linea di rupi, la quale si eleva sul margine interno del nostro terrazzo, sia stata un tempo una linea di scogli in riva al mare, di cui le onde smantellavano le basi, scavandovi quella serie di caverne, come esse fanno dovunque al presente nelle stesse condizioni. Quella linea di rupi adunque, benchè sorga così lontana dal mare, era un tempo pretta sponda marina.

197. Ma vi hanno altre prove della presenza del mare in passato sopra tutto quello spazio che ora lo separa dal rilievo interno mediante un terrazzo. Il terrazzo stesso ce le fornisce. Scavando sotto la sua superficie, in qualunque posto, di che troverete composto quel suolo? Di sabbia e ghiaja, abbondanti talora di conchiglie marine. Se poi osservate il margine esterno, scalzato dal mare in guisa da presentare uno spaccato naturale; vedrete che le sabbie e le ghiaje sono deposte a strati, precisamente come sopra una spiaggia qualunque, e che le conchiglie appartengono a quelle specie più comuni che ogni marea suole anche in oggi abbandonare sul lido. Insomma quel terrazzo non è altro che una spiaggia, un basso fondo littorale, composto di sedimenti deposti dal mare, quando esso arrivava fino a flagellare il rilievo interno, ed a scavare le grotte a' pie' delle rupi che compongono il rilievo stesso. Se

quella spiaggia è ora asciutta e forma un terrazzo inaccessibile al mare; è segno che la spiaggia stessa e il rilievo che lo limita internamente hanno subìto un sollevamento.

198. Di questo sollevamento ci dà misura la stessa altezza del terrazzo sul livello della spiaggia attuale. Sia per esempio di sette metri; saranno sette metri di sollevamento.

199. Ma adagio con questo ammettere come dimostrato il sollevamento delle terre. Non potrebbe darsi che, invece di sollevarsi sette metri la terra, si fosse il mare abbassato altrettanto? Anzi quando si rifletta alla mobilità delle acque, alle maree alte e basse, alle onde, alle correnti, che sono in perfetta opposizione colla immobilità della terra asciutta, e' pare che verificandosi un cambiamento nella posizione relativa della terra e del mare, non si debba stare in forse circa l'attribuire piuttosto a questo che a quella il movimento che l'ha prodotto. Ma riflettete un istante alle conseguenze di un cambiamento assoluto del livello del mare, in qualunque punto si fosse. Se io scavo una fossa sul fondo di una peschiera, vedrò forse l'acqua alla superficie infossarsi in quel punto? Mai no: piuttosto si abbasserà il livello di tutta la peschiera. Se invece butto entro la peschiera una quantità di terra o di sassi, in guisa da farne un mucchio sul fondo, vedrò forse, dove il mucchio si alza, alzarsi l'acqua del pari? Neppure: il livello dell'acqua si alzerà sì, ma ugualmente su tutta la superficie della peschiera.

200. Invece di una peschiera, prendiamo l'oceano, il quale non è infin dei conti che una peschiera smisurata. Ogni alterazione di livello che avesse luogo per

avventura in un punto deve necessariamente estendersi a tutto l'oceano, per la legge dell'uniformità del livello delle masse liquide. Dunque se il mare si fosse abbassato di sette metri sotto il livello del nostro terrazzo (Fig. 33, 34), tutto l'oceano doveva abbassarsi di una quantità pari. È avvenuto codesto? Come nel caso potremmo verificarlo? Subito fatto.

201. Se il nostro terrazzo si formò per quest'unica ragione, che una certa porzione dell'antica spiaggia fu abbandonata all'asciutto dal mare che si abbassò; troveremo un terrazzo corrispondente su tutte le coste del globo. Ma voi non vorreste al certo fare il giro del mondo per verificare se questo fatto esiste si o no. Ebbene accontentatevi di fare soltanto il giro delle coste britanniche, e troverete quanto basti a persuadervi che, in questo affare del terrazzo, non si tratta punto d'un abbassamento universale dell'oceano. Non v'ha terrazzo di sorta sopra lunghissimi tratti di quelle coste. Il terrazzo esiste soltanto in certi luoghi, e non misura nemmeno dovunque la stessa altezza. Così è dappertutto. Magnificamente terrazzate sono le coste della Sicilia, e dell'Italia meridionale, mentre nol sono punto quelle dell'Istria e della Dalmazia.

202. Sovente non un terrazzo soltanto, ma si osserva una gradinata, ossia una serie di terrazzi, ciascuno dei quali rappresenta un'antica spiaggia abbandonata dal mare. La Sicilia è una regione classica per questo genere di fenomeni, come lo è la Norvegia settentrionale. In quest'ultima regione le gradinate sono d'una perfezione meravigliosa (Fig. 35) e composte di gradini dell'altezza di centinaja di piedi. Quei terrazzi o gradini sembrano a prima vista perfettamente orizzontali. Misurandoli però accuratamente, si trovò che essi vanno

ascendendo talora mano mano che si inoltrano coi bracci di mare detti *fjords*, sui fianchi dei quali sono scavati, sicchè, mentre verso mare, dove incomincia il *fjord*, avevano 80 piedi di altezza relativa, ne acquistano 90 o 100 verso terra, dove il *fjord* finisce. Queste differenze di livello di uno stesso terrazzo, a così brevi distanze, dimostrano che la formazione dei terrazzi si potrebbe attribuire a qualunque altra causa fuori che all'abbas-

Fig. 35. — Terrazzi o spiagge sollevate entro il braccio di mare detto *Alten Fjord* in Norvegia.

samento del mare. Infatti se fosse questa la causa, tutti i terrazzi dovrebbero essere orizzontali, ed esattamente paralleli alla superficie del mare che riempie il *fjord* Del resto, ripeto, quei terrazzi dovrebbero trovarsi, e precisamente alla stessa altezza, sulle coste di tutta la Norvegia non solo, ma di tutto il mondo; ciò che non si verifica nè punto nè poco.

203. Per quanto vi possa sembrar strana la cosa, non v'è nulla di più certo di questo, che non il mare abbassossi, ma *la terra si sollevò*. Una volta ciò ammesso, si spiega senz'altro come i terrazzi possano esistere in un luogo e far difetto in un altro, e come lo stesso terrazzo possa variare d'altezza lungo il suo decorso: poichè il sollevamento può aver avuto luogo in un sito, senza che l'altro se ne risentisse, e può essere stato maggiore in un punto e minore in un altro. Gli antichi terrazzi marini (Fig. 33), diconsi *spiagge sollevate*, perchè costituite da sabbie, ghiaje ed altri consimili depositi littorali, effettivamente sollevati sopra il livello del mare. I terrazzi di Palermo, per esempio, constano in gran parte di una specie di calcare sabbioso, che è tutto un tritume di conchiglie e di testacei marini d'ogni genere, le cui spoglie si trovano anche intere e conservatissime in numero strabocchevole. Lungo il littorale dalla parte di Noto, Siracusa ecc. constano di calcare compatto. La pluralità dei terrazzi come in Norvegia e in tutta l'Italia meridionale, mostra che il sollevamento avvenne a riprese, con un lungo intervallo tra l'uno e l'altro periodo di sollevamento. È appunto al periodo d'intervallo o di stazionarietà che corrisponde il terrazzo; mentre è durante questo intervallo che il mare ebbe agio di rodere la spiaggia sollevata, dandole la forma di gradino. Il terrazzo più elevato è anche il più antico; e perciò sovente i terrazzi superiori sono meno perfetti degli inferiori, essendo rimasti da più lungo tempo esposti alla pioggia, al gelo, alle acque correnti che menano ovunque tanto guasto alla superficie di un paese (*Prime nozioni di Geografia fisica*, § 126).

204. In varie contrade noi possiamo, per dir così,

sorprendere il sollevamento sul fatto. Sulle coste sud-est della Svezia, per esempio, furon fatti dei segni sulle rocce, per indicare il massimo livello del mare nell'alta marea. Dopo un certo numero di anni si trovò che quei segni lo superavano di un'altezza considerevole. Queste osservazioni furono fatte con tanta esattezza, che si potè stabilire che quel paese si va sollevando da 75 centimetri a 1 metro per secolo. Quel sollevamento succede adunque con una lentezza tale, che sarebbe assolutamente impercettibile, se non si adoperasse un sistema molto accurato di misurazione. Però, se la cosa tirasse avanti così, in capo ad un migliajo di anni, la Svezia avrebbe guadagnato circa da 8 a 10 metri di maggiore elevazione sul livello del mare.

205. Vedete adunque che il sollevamento del fondo del mare, così incredibile a prima giunta, è un affare di tutta attualità. E non riguarda soltanto la Svezia; poichè le prove di sollevamenti recentissimi, e che si possono ritenere ancora in atto al presente, si vanno ormai raccogliendo in tutte le parti del mondo; anche in Italia, mentre vaste porzioni di territorî littorali nell'Italia meridionale hanno tutti i caratteri di spiagge marine da pochi secoli prosciugate. Se poi questi sollevamenti attuali, quello per esempio accertatissimo della Svezia, avvengono così lentamente, senza violenza, senza urti o scosse; c'è tutte le ragioni di credere che anche il sollevamento del fondo degli antichi mari, e la loro conversione in terre asciutte, siansi ugualmente compìti con un processo lento, quasi direi tranquillo e soave.

206. Le masse rocciose di tutte le regioni del globo provano indiscutibilmente che il fondo del mare

fu a volta a volta sollevato e convertito in terra asciutta. La miglior prova è fornita dai coralli, dai ricci marini, dalle conchiglie e da ogni genere di animale marino, le cui spoglie si trovano impietrite ne' diversi strati. L'altezza a cui attingono quei fossili ci darà una misura della potenza del sollevamento. Le conchiglie del terrazzo che abbiamo descritto (§ 197) non accusano che un sollevamento di 7 metri. Ma se voi trovate conchiglie marine ad una elevazione di 5 mila metri sopra il livello del mare, siete costretti ad ammettere che un fondo di mare fu sollevato fino a quell'altezza (§ 128). Siccome di fatto trovansi fossili marini a grandi altezze, sui fianchi e in cima ai monti e quasi sulle sommità di tutte le più elevate catene del globo; bisogna confessare che la più gran parte delle isole e dei continenti fu sollevata, pezzo per pezzo, dal fondo del mare. Siccome poi gli strati fossiliferi si trovano sollevati dove più dove meno, così risulta dimostrato che il sollevamento fu tutt'altro che regolare ed uniforme.

II. — PROVE DELL'ABBASSAMENTO DI ALCUNE PORZIONI DELLA CROSTA DEL GLOBO.

207. Abbiamo dunque dimostrato coi fatti alla mano, che la superficie del globo fu di tratto in tratto sospinta, sicchè alcune vaste porzioni del fondo marino divennero terra ferma. Intanto però, per un movimento inverso vennero poi anche delle terre asciutte sommerse in mare. Vogliamo mettere in evidenza queste depressioni, pigliando anche qui le prove di fatto da paesi ben conosciuti, e che si possono visitar facilmente.

208. Per tratti molto estesi lungo le coste della Gran Brettagna, per esempio su quelle del Devonshire e della Cornovaglia, come alle foci del Tay, si osservano dei fatti molto curiosi nella zona di oscillazione tra l'alta e la bassa marea. Si vedono cioè sporgere dalla spiaggia sabbiosa certi neri fittoni, i quali, esaminati a dovere, si manifestano come altrettante cime di tronchi d'alberi.
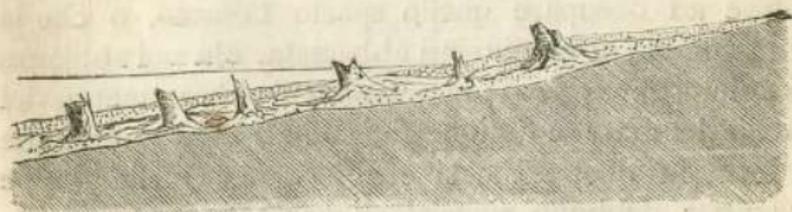
Fig. 36. — Sezione di una foresta sommersa.

Scavando entro quella sabbia, voi incontrate un terriccio nero, dalla quale nascono i tronchi, e ne potete estrarre noccioli di frutti, foglie, frondi, e a volta a volta elitre di scarafaggi ed ossami di animali terrestri. I tronchi si trovano, per rapporto a quel terriccio nero, in quella stessa posizione in cui si trovano le piante per rapporto al suolo su cui crescono. Quel terriccio nero, da cui nascono i tronchi, è dunque evidentemente un antico suolo, dal quale possono in oggi scavarsi le foglie, le frondi, i semi che cadevano dagli alberi, come gli insetti e le ossa degli animali rimasti entro il deciduo legname. Insomma quei tronchi rappresentano un'antica foresta cresciuta su quella spiaggia.

209. Ma poteva quella foresta crescere in quelle condizioni? Mainò. I noccioli, le betule, gli ontani, le querce, a cui appartengono d'ordinario quei tronchi,

sarebbero morti, se le loro radici e i loro tronchi si fossero trovati permanentemente sott'acqua. Non vi accadrà certo di vedere in oggi viva una di quelle piante sotto il livello dell'alta marea. Come potreste supporre che ci vivessero un giorno? Ma siccome quelle piante devono là esser nate e cresciute, e siccome non poterono nè nascer nè crescere in seno al mare così bisogna ammettere, o che il mare siasi alzato per venire ad occupare quello spazio boscoso, o che la terra coperta di piante siasi abbassata. Ma noi abbiamo gia dimostrato (§ 203) inamissibile l'abbassamento del livello del mare: è dunque giuocoforza cônchiudere che la terra in quel posto si è abbassata. Quelle *foreste sommerse* debbono riguardarsi come prova evidente dell'abbassamento della superficie terrestre, precisamente come le *spiagge emerse* sono da ritenersi come prove irrecusabili del suo sollevamento.

210. Naturalmente sarà più difficile scoprire evidenti tracce di abbassamento che di sollevamento. Infatti se una terra venne sommersa, troppo facilmente le onde ne avranno cancellata e i nuovi depositi mascherata ogni traccia: mentre se un fondo marino si è convertito in terra ferma, rimangono a nudo le spiaggie sollevate, e le caverne scavate al piede delle rupi che prima segnavano i confini del mare.

211. Nello studio delle diverse parti del globo si osserva che il mare si alzò per gradi sulla superficie delle terre, o, per dire come la cosa è in realtà, che le terre si abbassarono per gradi sotto il mare. Per esempio, la parte meridionale della Groenlandia negli ultimi cinque secoli si è lentamente abbassata sopra estensioni di parecchie centinaja di miglia, in guisa che gli scogli, i quali rimanevano scoperti anche durante

l'alta marea, ora si trovano sommersi, e le case, edificate sul lido, dovettero mano mano venir abbandonate per rifabbricarle più in dentro.

212. Altre prove dello stesso fatto furono già precedentemente riferite. Gli strati di carbon fossile, per esempio, erano un giorno verdi foreste di pianure
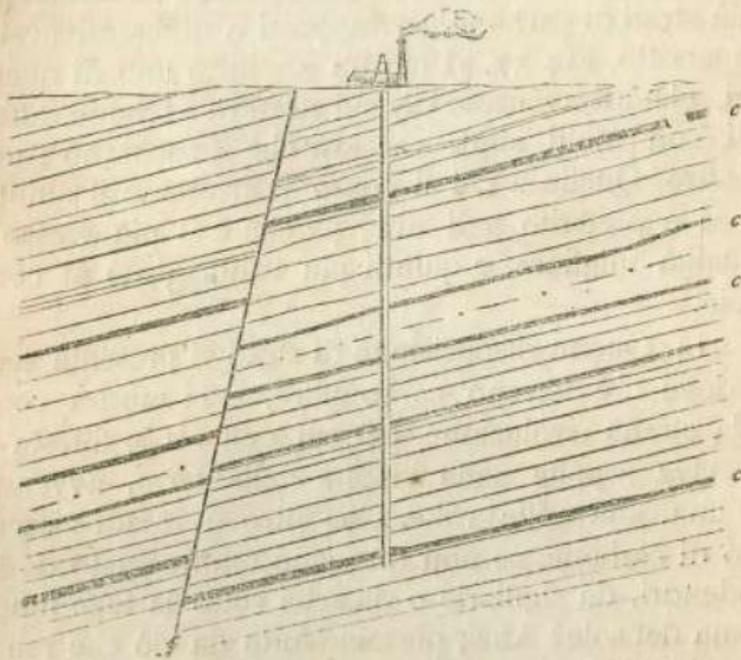
Fig. 37. — Spaccato di una porzione di terreno carbonifero, *c*, strato di carbon fossile, *f*. salto, ossia spaccato del terreno.

maremmane, le quali si trovano ora sepolte a grandi profondità nelle viscere della terra. Come avenne ciò? Permettetemi un breve ritorno al pozzo di carbon fossile di cui parlammo nel § 137.

213. In molte località d'Inghilterra i pozzi si sprofondano oltre a 40 metri, e terminano precisamente

entro uno strato di carbone che rappresenta, come si è detto, una foresta maremmana. Ma se voi aveste assistito allo scavo del terreno mano mano che la gola del pozzo si sprofondava, voi, come avviene d'ordinario, vi sareste incontrati in più strati di carbone, a diversi livelli, senza contare quello a cui arrestossi lo scavo. Anzi talvolta lo stesso pozzo serve all'estrazione di più strati di carbone, sovrapposti a differenti livelli. Lo spaccato, Fig. 37, vi mostra appunto uno di questi pozzi, che attraversano diversi strati di carbone, alternanti con molti strati rocciosi che li separano l'uno dall'altro. Quello a cui il pozzo si arresta è il quinto, e lo si è preferito agli altri perchè è il più grosso o di qualità migliore, e quindi più vantaggioso al commercio.

214. Questa disposizione di strati si presenta sempre dove c'è terreno carbonifero, e ci mostra come quella strana rivoluzione, per cui una verde foresta fu viva viva sepolta nelle viscere della terra, avvenne, non una, ma mille volte. Che altro è infatti ciascun strato di carbone, se non un piano ombreggiato da lepidodendri, da sigillarie o da felci sotto la luce limpidissima del sole? Anzi, prescindendo da ciò che rende così evidente l'origine del carbon fossile, non è raro il caso di trovare quelle stesse piante, anzi quelle stesse foreste che furono cambiate in carbone, ancora in piedi, ancora radicate nell'arenaria o nello schisto che servivano di suolo, perfettamente in quella posizione nella quale si trovavano quando furono sommerse e quindi sepolte (Fig. 38).

215. Gli strati inferiori sono senza dubbio i più antichi (§ 122). Il più profondo degli strati di carbone deve essere stato sepolto prima che le foreste sovrap-

poste avessero potuto nascere. È dunque necessario di ammettere che quel piano esteso e paludoso, su cui
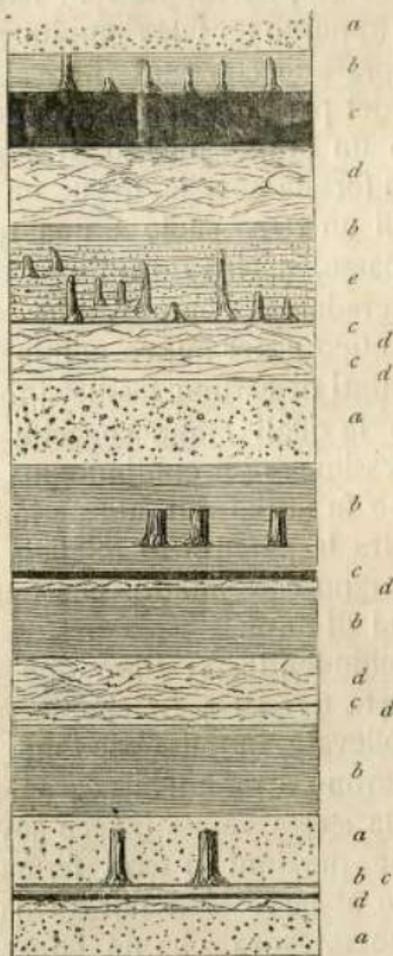
Fig. 38. — Spaccato di una porzione del terreno carbonifero al Capo Breton (America settentrionale) che mostra sette antichi suoli con molti avanzi di antiche foreste ancora in piedi: *a*, Arenaria; *b* ed *e*, Schisto; *c*, Strati di carbon fossile; *d*, Strati argillosi o *suoli* sottoposti al carbone.

crebbe la prima foresta, siasi depresso in guisa da trasformarsi in un pezzo di mare che in seguito le sabbie

e i fanghi, seppellendo la foresta sommersa, devono aver colmato, dando origine ad un novello suolo. I letti di arenaria o di schisto, sovrapposti al letto di carbone, rappresentano appunto un tale riempimento. Sul nuovo suolo potè allora attecchire una nuova foresta, fitta e lussureggiante del pari a quella che era scomparsa. Ma ecco di nuovo un abbassamento. Il novello suolo si sommerge colla foresta novella. Segue un secondo riempimento, quindi un terzo suolo e una terza foresta; e via di questo passo, decine e centinaja di volte, come ci dà diritto a credere la composizione del terreno carbonifero nell' antico e nel nuovo continente.

216. Gli strati di carbon fossile si formarono dunque sopra aree le quali erano soggette ad un movimento di depressione, non continuo, ma intermittente. Questo processo fu attivo durante periodi lunghissimi, come lo dimostra la potenza di migliaja di metri guadagnata dal terreno carbonifero, che non ha richiesto meno di milioni di anni.

217. Conchiudendo, vi sono due fatti accertati relativi alla crosta terrestre; 1.° che essa venne, chi sa quante volte sollevata, in guisa che fondi marini emersero e si sollevarono a grandi altezze sopra il livello del mare; 2.° che la stessa venne invece sovente a deprimersi, così che porzioni di terra ferma furono sommerse in fondo al mare. Ma tali oscillazioni non potevano aver luogo, senza che ne conseguissero altre modificazioni alla crosta terrestre, le quali verranno prese in esame nei seguenti paragrafi.

III. — PROVE CHE LE ROCCE COMPONENTI LA CROSTA DEL GLOBO FURONO SPOSTATE, CONTORTE E SPEZZATE.

218. Ripensando alle descritte convulsioni delle crosta terrestre, quante volte cioè fu sollevata e depressa, non vi recherà sorpresa se poi trovate che le masse rocciose furono, non solo spinte in alto o in basso, ma contorte e rotte. La cosa va a tal segno che la crosta terrestre, invece di apparire formata di strati sovrapposti a modo quasi di cipolla, è così sturbata e rotta, che talvolta gli strati inferiori o primitivi si trovano portati al dissopra dei superiori o recentissimi. Esaminiamo come ciò abbia potuto aver luogo, cominciando dal caso più semplice.

219. Date ancora un' occhiata alle vedute ed allo spaccato della spiaggia sollevata (Fig. 33 e 34). I vecchi strati di sabbia e di ghiaja furono indubbiamente sollevati, ma non subirono per questo nessun disturbo. Eccoli ancora nella loro originaria giacitura orizzontale. Ma credete che ciò si verifichi su tutta l' estensione del terrazzo? Vi ricorderete che esso non può disegnarsi tutto all' ingiro del paese, ma che al contrario scompare in certi posti, sicchè esso rappresenta un fenomeno, non universale, ma locale. È chiaro pertanto che, per quanto il tratto emerso siasi sollevato con tale uniformità da mantenere per miglia e miglia lo stesso livello, vi sarà sempre, tra gli strati orizzontali sollevati, e quelli che rimasero al loro posto, un intervallo lungo o corto nel quale gli strati discendono dal livello dove la spiaggia è sollevata, fino a quello dove essa non ha subìto nessun cambiamento.

220. Per chiarire la cosa, supponete a modo d'esempio, che siano distesi sopra una tavola diversi teli di panno, i quali rappresenteranno gli strati in questione. I teli giaciono l'uno sopra l'altro orizzontalmente. Se voi li sollevate da una parte, li vedrete da questa inchinarsi verso quella dove rimangono ancora aderenti alla tavola. Insinuate ora un qualche cosa di piano, un grosso libro per esempio, sotto i teli, in guisa da sollevarne una porzione considerevole della superficie. Essi si distenderanno orizzontalmente sul piano del libro, come gli strati della spiaggia sollevata; ma tutto all'ingiro di quell'area sollevata discenderanno, formando un pendìo che congiunge la porzione sollevata dei teli con quella che rimase immobile e aderente alla tavola. Così voi vedrete come un rilievo locale, benchè avvenga senza che gli strati perdano anche sopra un vasto distretto la loro posizione orizzontale, può dare origine all'inclinazione degli strati tutto all'ingiro dello spazio sopra cui avvenne il sollevamento.

221. Voi avete visto però che gli strati furono sollevati, od anche depressi, in un punto più, in un altro meno, senza essere menomamente spezzati. Essi presentano adunque una certa inclinazione, che dev'essere maggiore o minore, secondochè minore o maggiore è la differenza di livello nei diversi punti dell'area sollevata o depressa. Questi movimenti disuguali ed irregolari hanno avuto luogo le cento volte in tutte le regioni del globo. Ponendo mente alla posizione delle rocce stratificate nei diversi paesi, troverete che il caso della stratificazione orizzontale è forse il più raro. Per lo più gli strati sono inclinati, disegnando una china talora assai morbida, talora ripidissima, sicchè non

basta il dire che furon sollevati sopra il livello del mare (§ 206), ma bisogna aggiungere che lo furono irregolarmente ed inequabilmente.
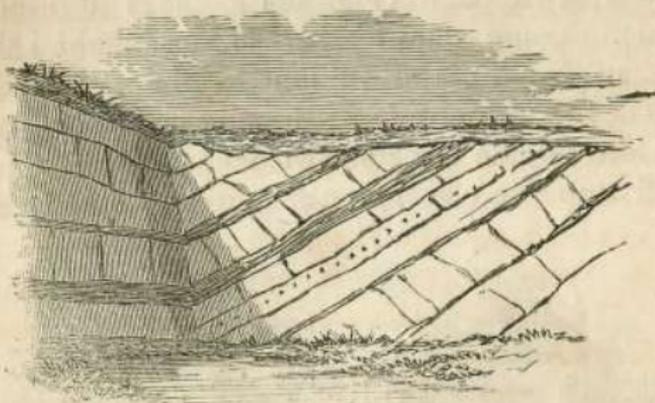
Fig. 39. — Strati inclinati.

222. Nella petraja che già visitammo (§ 119), gli strati erano orizzontali. Ma se ne visiteremo altre ne
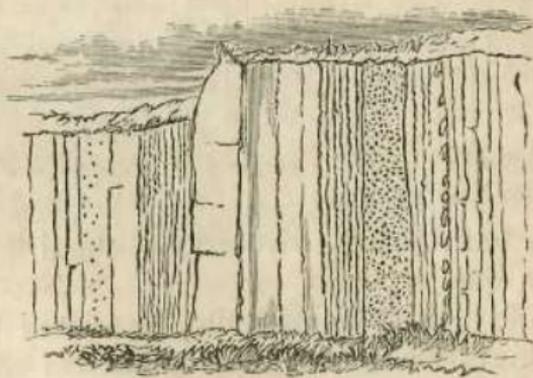
Fig. 40. — Strati verticali.

incontreremo di quelle dove una porzione degli strati si ripiega all' insù, come nella figura 39, nella quale una porzione degli strati si ripiega all' insù a destra, quando

non si debba dire che si ripiega all'ingiù a sinistra. Talvolta vi si presenteranno degli strati così spostati dalla loro primitiva orizzontalità, da comparire addirittura ritti in piedi (Fig. 40) come i libri entro lo scaffale. Eppure quegli strati sono sedimenti deposti sopra un fondo piano orizzontale, o appena inclinato di qualche grado. Mi pare dunque che la stravaganza della loro attuale posizione vi deve togliere la possibilità di dubitare che non abbia avuto luogo nelle vi-
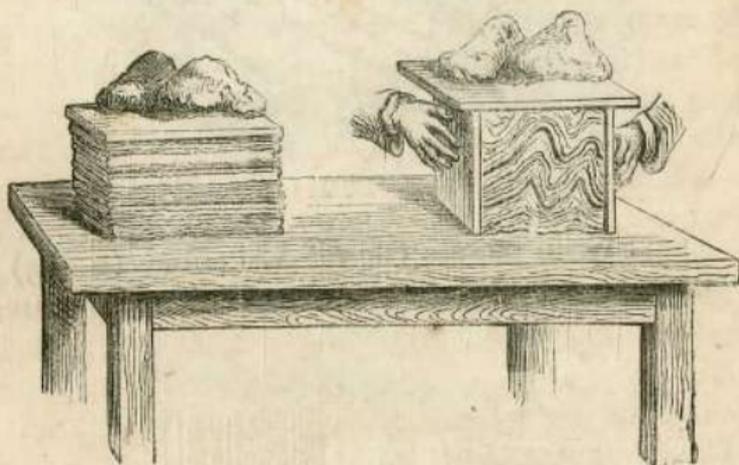
Fig. 41. — Teli ripiegati per effetto della compressione laterale.

scere della terra qualche rivoluzione, che li ha costretti a rizzarsi a quel modo.

223. Ma non abbiamo finito. Lasciate i vostri teli distesi sulla tavola (§ 220), poi premeteli colle mani alle due estremità, e li vedrete raggrinzarsi e far delle pieghe, come è espresso nella figura 41. Così furono sovente ripiegati e contorti gli strati, mentre erano sollevati e depressi. La figura 42 mostra un gruppo di strati che andarono soggetti a contorsioni e ripiega-

menti, come non si trattasse già di durissima pietra, ma di teli di morbida stoffa. Imaginate, se potete, a quale enorme pressione laterale saranno stati sottoposti.

224. Vi potrà parer strano che si vogliano spiegare allo stesso modo, cioè come effetto di compressione laterale, tanto le piccole pieghe di una pila di teli, come le grandi di una massa di strati che forma,
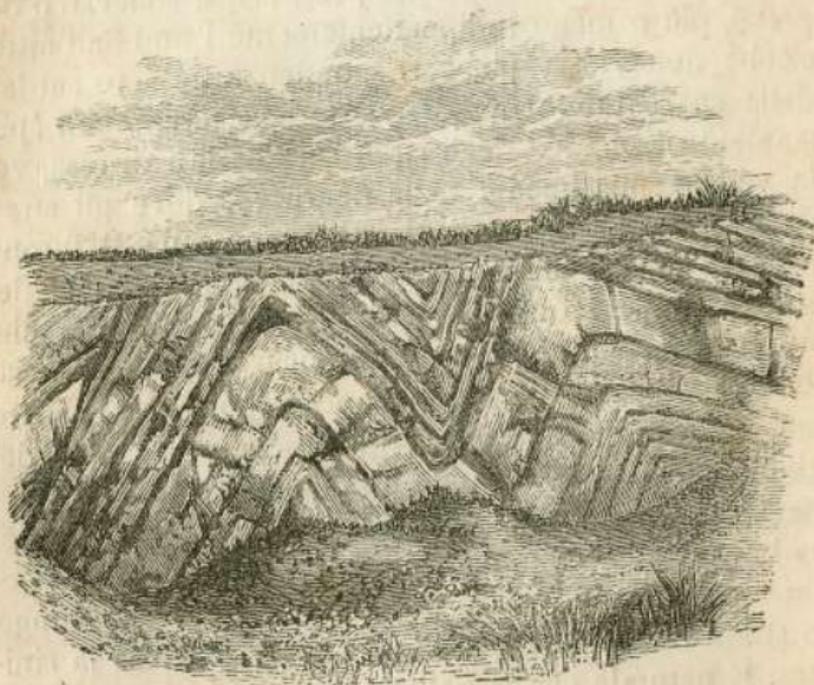
Fig. 42. — Veduta di un gruppo di strati con grandi ripiegamenti.

se fa uopo, tutt'intera una montagna. Ma se noi possiamo piegare un pochino qualunque roccia più dura, e piegarla impiegando una forza relativamente minima, non c'è più da meravigliarsi se gli strati rocciosi dovettero piegazzarsi come teli di panno sotto quelle enormi pressioni a cui si trovarono soggetti nelle vi-

scere della terra, e che ebbero per conseguenza il loro sollevamento a migliaja di metri sopra il livello del mare.

225. Ma la rigidezza degli strati è tale pur sempre che non vi farà meraviglia se più volte abbiano dovuto spezzarsi invece di piegarsi. Una volta che la massa degli strati fu spezzata in due o più parti, nulla di più naturale che i diversi pezzi siansi sollevati o depressi, più o meno indipendentemente l'uno dall'altro, sicchè non vi sia più corrispondenza tra loro sui lati della spaccatura. Una di queste spaccature, con spostamento rispettivo degli strati sui due lati di essa, voi la vedete sulla linea *f* nella figura 37, dove gli strati di carbon fossile, e quelli che alternano con essi, furono rotti da cima a fondo, sicchè la porzione rimasta a destra della spezzatura si trova più in alto di quella che rimase sulla sinistra. Queste dislocazioni, che si chiamano *salti*, o, con un brutto francesismo, *faglie*, ebbero luogo dovunque con tale frequenza, che la crosta del globo può raffigurarsi come un immenso mosaico. Queste spaccature disturbano non poco l'escavazione del carbon fossile. Supponiamo infatti, mettendovi sott'occhio la figura 37, che le gallerie siano condotte lungo lo strato di carbone, partendo dal pozzo verso la sinistra. È naturale che la galleria, giunta al piano di dislocazione *f*, dovrà discendere nel senso verticale, finchè abbia raggiunto di nuovo lo strato di carbone tagliato dalla spaccatura e caduto ad un livello più basso.

226. È poi un accidente molto comune quello di masse di rocce cristalline, ossia di lave antiche o moderne, che injettaron le spaccature formate, come abbiam detto, e vennero per tal via ad espandersi sulla

superficie del globo. Nella figura 43, per esempio, si osservano diverse spaccature delle rocce stratificate con spostamento dei tre gruppi distinti *A, B, C.* Nella spaccatura a sinistra insinuossi la roccia cristallina *I.* In quella a destra insinuossi un altro tronco della stessa
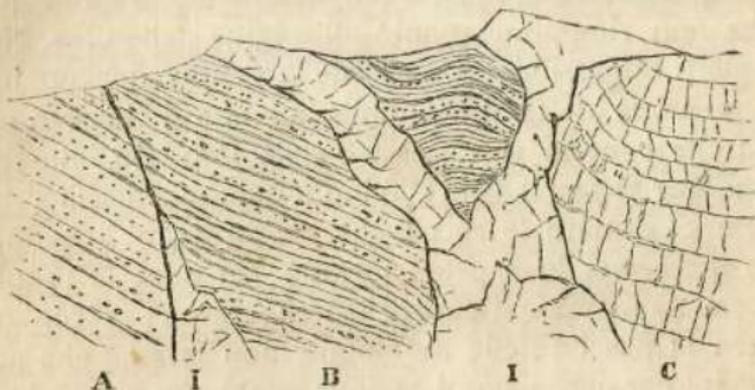
Fig. 43. — Spaccato di alcuni *dicchi* o masse di rocce cristalline, spinte attraverso le spaccature della crosta terrestre.

roccia cristallina, dividendosi poi in due rami per riversarsi al difuori, sicchè il gruppo degli strati *C* rimase interamente disgiunto dal gruppo *B* e questo diviso in due.

IV. — ORIGINE DELLE MONTAGNE.

227. I poeti cantano le *eterne vette dei monti,* come se le montagne avessero esistito fin dal principio del mondo. Vi sono molte cose sulla superficie del globo atte ad ingenerare l'idea d'una smisurata antichità e, quasi direbbesi, dell'eternità del globo. Per quanto si rimonti colla storia e colla tradizione, non si trova argomento che ci faccia sospettare aver le montagne subìto un cambiamento appena sensibile,

Da ciò nasce anche l'idea che esse entrino veramente come pezzi costitutivi della primitiva architettura del pianeta.

228. Ma voi avete fatto acquisto ormai di cognizioni sufficienti per sentirvi disposti ad ammettere, che, per quanto vecchie siano indubbiamente le montagne, esse non rimontano punto all'origine delle cose. Non è guari impossibile di narrarne la genesi, richiamando le memorie di tempi lontanissimi che si chiusero prima che i monti si rizzassero sulle loro non immobili basi. Per toglierci ogni dubbio a questo proposito, basterà esaminare le rocce che ne formano l'ossatura. Le rocce, voi lo sapete, narrano per bene la propria storia. Cercando di sapere ciò che esse ci raccontano circa la nascita delle montagne, non faremo che proseguire per quella via di ragionamento che ci condusse fin qui.

229. Anzitutto osservando di che le montagne siano composte, troviamo che tutte lo sono di una o più specie di rocce, appartenenti alle tre grandi classi che abbiamo imparato a distinguere. Le grandi catene constano principalmente di rócce stratificate di varie specie, come arenarie, conglomerati, calcari. Ora voi sapete che tali rocce furono generate sott'acqua, anzi, in genere, sul fondo del mare. Contengono conchiglie, coralli, ricci di mare e reliquie di altri animali marini a josa, le quali furono, colle rocce stesse che le contengono, sollevati fino alla sommità delle montagne (§ 160). Che volete di più per ritenere dimostrato fino all'evidenza che le montagne non rimontano già all'origine delle cose, mentre là, dove sorgono in oggi sublimi, rotolava le sue spume l'immenso mare?

230. Se le montagne constano di rocce formate

in fondo al mare, bisogna ammettere una forza che fu capace di sollevare il fondo dell' oceano, e di porlo all' asciutto, formandone una regione montuosa. Noi abbiamo già accennato all' esistenza di una tale forza (§ 187). In conseguenza del lento raffreddarsi del nostro pianeta, la crosta esterna, soggetta a enormi sforzi di contrazione, fu forzata a sollevarsi in diversi luoghi, formando rilievi lineari con degli spazî depressi tra l'uno e l'altro. Questi rilievi sono appunto le catene di montagne, mentre le depressioni, raccogliendo le acque, divennero mari. Con un planisfero sott'occhio, voi potete distinguere le principali *linee di elevazione*, come appunto si chiamano. La più considerevole di queste crespe è la lunga linea delle montagne che percorre tutto il continente americano da nord a sud. Le Montagne Rocciose, la catena dell' America centrale, le Cordigliere e le Ande non formano infine che un solo enorme rilievo lineare. Altri rilievi di second' ordine si osservano nello stesso continente, come, a mo' d'esempio, gli Allègani nella regione orientale degli Stati Uniti. In Europa trovate una linea di elevazione che si distende attraverso il continente, con degli sproni che ne dipartono a destra e a sinistra. Questa linea la scorgerete dapprima ne' Pirenei; la vedete poi continuarsi colle Alpi, da cui si diparte verso mezzodì il grande sperone degli Apennini, e prolungarsi verso oriente colle catene dei Carpazî, e terminare col Caucaso alle sponde occidentali del Mar Caspio. Al di là di questo mare interno riappare, tagliando, divisa in due grandi rami divergenti, tutto il continente asiatico. Uno di quei rami si distende verso sud-est, e forma la grande catena dell' Himalaya, mentre l' altro si volge ad est, attraversando il grande altipiano dell'Asia centrale, per

metter capo all'Oceano Pacifico. Pensando alla enormità di quelle colossali catene, si capisce quanto enorme sia la forza della contrazione, conseguenza del raffreddamento del globo, che ha forzato a piegarsi delle masse smisurate di durissime rocce, per formare delle pieghe che percorrono migliaia e migliaia di miglia, sollevandosi ad altezze di oltre 7000 metri sopra il livello del mare.

231. Siccome però si tratta di un raffreddamento graduale che durerebbe da milioni e milioni di anni, dobbiamo aspettarci naturalmente che le montagne siano state sollevate a gradi, in diversi tempi, e che perciò differiscano tra loro riguardo all' età. Non ci vuol molto studio infatti, per accorgersi, osservando le
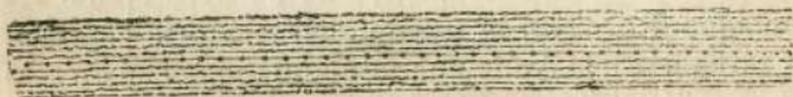
Fig. 44. — Spaccato di una serie di rocce sedimentari quali in origine furono disposte orizzontalmente sul fondo del mare.

rocce, che non tutte le montagne appartengono all' istessa epoca, e che nemmeno le stesse montagne furono formate tutte d'un pezzo in una data epoca, che anzi certe porzioni furono sollevate molto tempo prima o dopo di certe altre.

232. Supponete, per esempio, che una serie delle ordiniarie rocce sedimentari, come arenarie, conglomerati e schisti, sia stata deposta sul fondo del mare. Esse giacevano orizzontalmente, strato sopra strato (Figura 44), benchè la massa complessiva raggiunga una grossezza di migliaja di metri. Così potranno starsi per migliaja di secoli. Supponete però che esse giaciano sopra una di quelle deboli porzioni della crosta terre-

stre alla quale cominciano a farsi sentire gli effetti accumulati della contrazione del pianeta, così che sia sospinta, mentre la superficie del globo si deprime in altra parte. Strizzati dalla pressione laterale di quell'area che si abbassa, gli strati, prima orizzontali, saranno costretti a raggrinzarsi, formando delle pieghe simili a quelle che si vedono nella figura 41, ed a sollevarsi al disopra delle aree all' ingiro (Fig. 45). Così la cresta di una catena di montagne comincierà a rizzarsi sopra la superficie del globo.

233. Questa crosta, formata dagli strati sedimentari *A*, una volta orizzontali ed ora contorti, non può rimanere esposta alla libera atmosfera, senza trovarsi in balìa delle diverse forze, le quali (*Prime nozioni di geografia fisica,* §§ 126-142) lavorano sempre a demolire la superficie del globo. L'aria, le pioggie, le sorgenti, i fiumi, il gelo, le onde del mare, addenteranno la catena nascente, cominciando a devastarla dal primo momento che essa sporge il capo dal mare. Profondi burroni col tempo le scaveranno i fianchi, e il detrito che si va formando sarà mano mano giù travolto fino
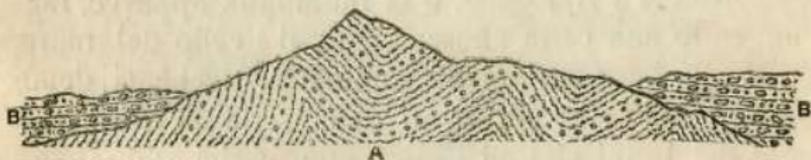
Fig. 45. — Spaccato di una montagna composta di una massa *A* di strati sollevati e ripiegati prima che si deponessero gli strati orizzontali *B*.

al mare, dando origine a nuovi depositi i quali si distenderanno orizzontalmente sulle nude testate degli antichi strati, formando una nuova serie *B* (fig. 45) la quale riposa sopra l' antica *A*.

234. Riflettete bene sulla figura 45, e vedrete che essa vi dà in mano i più sicuri argomenti per narrare quest'istoria, quand'anche non l'aveste sentita raccontare, fissando la data relativa di tutti gli avvenimenti. Sapendo che quella montagna è formata di strati sedimentari, voi potete raccontare anzi tutto come fatto positivo che vi fu un tempo in cui quella montagna non esisteva, e che il suo posto era occupato dal mare, sul cui fondo andavansi mano mano deponendo quelle stesse rocce, di cui ora la montagna stessa si compone. Tirate inanzi e dite che, prima che cominciassero a deporsi gli strati formanti la serie *B*, il fondo del mare cominciò a sollevarsi e la massa
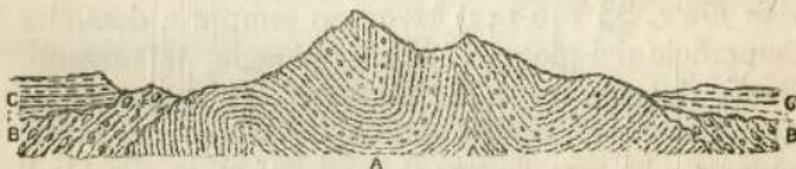
Fig. 46. — Spaccato di una montagna dove la serie *A* degli strati fu sollevata prima della serie *B*, e questa prima della serie *C*.

degli strati *A* a ripiegarsi, e la montagna apparve, raggiungendo una certa altezza sopra il livello del mare. Ma la sua base era ancora sommersa, sicchè si depositarono sovr'essa gli strati della serie *B*, formati a spese dei brani che gli agenti atmosferici staccavano dalla montagna già formata. Per chiudere la narrazione direte, e sempre con piena asseveranza, che dopo la formazione degli strati *B*, avvenne un secondo sollevamento, per cui fu completato, come lo si trova al presente, il rilievo di quella montagna sopra il livello del mare.

235. Suppongasi però che in qualche parte della

montagna o della catena di cui narrammo la storia, si scoprisse una disposizione di strati, come quella che si osserva nella figura 46. Non c'è nulla da disdire di quanto abbiamo narrato fino al punto della deposizione della serie *B* sulla serie *A*. Ma qui si andrà avanti dicendo che, per il secondo sollevamento, anche la serie *B* fu spostata dalla sua primitiva orizzontalità, e rimase ancora sommersa, sicchè fu ricoperta dalla serie *C*, deposta la quale ebbe luogo un terzo sollevamento col quale soltanto ebbe compimento l'edificio della montagna.

236. È per questa via che si potè determinare l'età relativa delle montagne. Così voi ogniqualvolta vi imbattete in strati sedimentari raddrizzati e contorti, dite pure che essi furono spostati, dando origine ad un rilievo di terra asciutta; che se sulle rotte testate giacciono altri strati, aggiungete che questi sono più antichi di quelli.

237. Le figure 45 e 46 riportano degli esempî tutt'altro che suppositizî. In tutte le parti del globo s'incontrano ad ogni passo casi di quella disposizione di strati, corrispondente a quella dell'una o dell'altra; nè solo per brevi tratti, ma per decine e centinaja di miglia, in modo da costituire il carattere stratigrafico di intere regioni. Voi potete vedere, per esempio, tutto all'ingiro del bacino del Po, alla base delle Alpi e degli Apennini, raddrizzati i calcari, le arenarie, i conglomerati che formano la prima serie delle montagne rocciose delle due catene, e sovr'essi, fino all'altezza di 300 a 400 metri sul livello del mare, distendendosi orizzontalmente le argille e le sabbie, dette *subapennine*, rigurgitanti di conchiglie e di spoglie di animali

marini d'ogni genere. Dunque i calcari, le arenarie, i conglomerati, che formano la base delle Alpi e degli Apennini, erano già raddrizzati, e le stesse catene ancora sommerse fino all'altezza di 400 e più metri, quando si deponevano le argille e le sabbie subapennine. Un posteriore sollevamento mise queste all'asciutto e diè l'ultima mano al rilievo delle nostre catene.

238. Nel seguente capitolo vedrete anche come il geologo riesce ad identificare le formazioni dei diversi paesi, cioè a stabilirne la contemporaneità, per mezzo dei fossili. Così si va fino a poter dire quale catena del globo sia la più antica e quale la più moderna. Così si trova, per esempio, che certe porzioni dei giganti delle Alpi sono meno antichi di certe verdi colline della Walles e della Scozia.

239. Vi ha un altro fatto che è reso palese dalle sezioni del genere di quelle rappresentate dalle figure 45 e 46. La serie degli strati *A* è in ogni caso la porzione più antica della montagna. Voi supporrete naturalmente che le porzioni più antiche debbano essere anche le più profondamente scavate dagli agenti atmosferici e dai torrenti. Tutt'altro: non solo quelle masse antichissime superano il livello delle altre, ma formano anche in oggi le creste e i punti più elevati delle diverse catene. Voi trovate però sempre, studiando i fianchi delle montagne, che le rocce più antiche si sprofondano sotto alle più moderne, come è della serie *A* nelle due figure, che passa sotto la serie *B*.

240. La degradazione dei continenti è così universale e costante, che, col tempo, ciascuna catena di montagne va soggetta a profonde modificazioni di vario genere. Le cime si abbassano e i fianchi si logo-

rano; le creste divengono dentate ed irte di guglie e di picchi, avanzi di enormi masse demolite, sui quali le piogge e i geli sfogano incessantemente la loro edacità. Tutta la massa delle montagne diventa una scogliera incisa da borri, da gole, da vallette e da valli, dove si esercita la rapina dei ruscelli, dei torrenti e dei fiumi perenni. Così l'originario rilievo, mano mano che il processo di demolizione continua, si cambia in
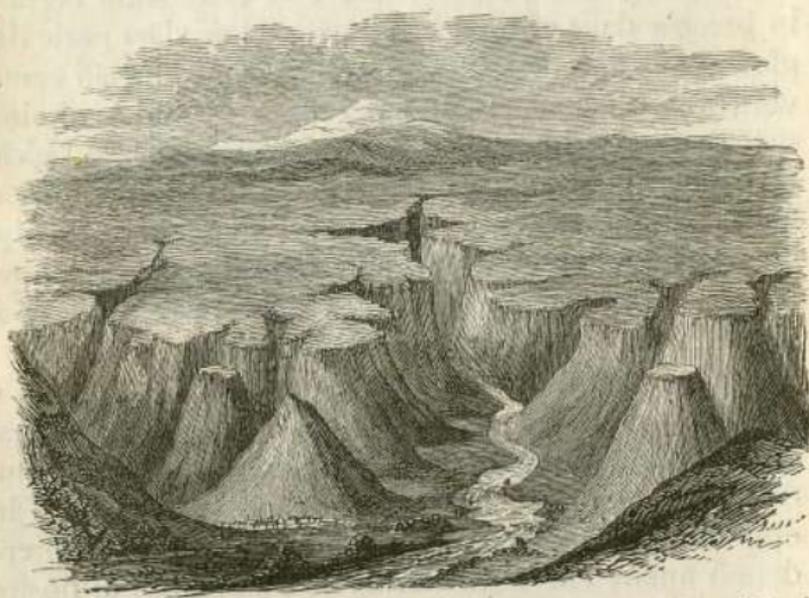
Fig. 47. — Veduta di un altipiano inciso a burroni e valli da' suoi fiumi.

una regione di dorsi e di valli (*Prime nozioni di geografia fisica*, § 126).

241. L'attività di questo processo è tanta che noi possiamo verificarne a scala enorme i risultati. Vasti altipiani, estesi rilievi d'un sol pezzo, si presentano ora a guisa di labirinti di giogaje e di colli isolati. Guardando la figura 47 voi potete dire di assistere a questo

lavoro di escavazione. Essa rappresenta una porzione di un altipiano della Spagna. Osservate come il fiume, discendendo, allarga il suo letto, e incide nella roccia dei solchi sempre più larghi e profondi, sicchè i burroni divengono valli, e le creste che le separano si tagliano in gioghi irregolari, che poi pigliano la forma di colli separati, che vanno perdendo di elevazione, mano mano che i fianchi loro e le cime sono battute in breccia dalle pioggie e dal gelo. Non v' ha parte del globo dove un tale spettacolo non vi si rinnovelli cento volte allo sguardo. In Italia, i fianchi dell' Apennino nell' Emilia, e i rilievi mezzo argillosi e mezzo vulcanici solcati dal Paglia e dal Tevere tra l' Apennino e la Campagna Romana, ve ne presenterebbero esempi meravigliosi. Tra i saggi più grandiosi di questo genere possono citarsi il gran Ghauts dell' India, e il monte Tavola del Capo di Buona Speranza.

242. Quegli agenti che hanno scavato le valli e rizzati i monti fra esse, sono di continuo all' opera. Ogni anno aggiunge alla rovina. Così, quantunque, studiando le montagne, si riconosca che esse furono in origine spinte lassù da un movimento interno, apprendiamo anche che quelle forme così famigliari al nostro sguardo, sono forme acquisite più tardi, per l' assiduo lavoro degli agenti esterni (pioggie, gelo, sorgenti, fiumi, ghiacciai, ecc.), i quali hanno scolpito a quel modo la superficie del globo.

V. — COME LE ROCCE COMPONENTI LA CROSTA DEL GLOBO NE RACCONTINO LA STORIA.

243. Uno storico che si prepari a scrivere la storia di un paese, cerca anzitutto di mettersi in possesso di

tutti gli sparsi documenti, e di mettersi davanti nella loro vera luce i singoli fatti che egli vuole raccontare. Fruga perciò nelle carte degli archivî e delle pubbliche biblioteche; raduna quanto può di libri stampati, cercando anche in opere di contemporanei stranieri ciò che possa per avventura gettar luce su quanto vi ha di oscuro e d'incerto in casa sua. Soltanto dopo lunghe e laboriose ricerche di questo genere, riesce a formarsi una sintesi delle sue cognizioni in materia, ed a scrivere una storia logica ed ordinata. Nel corso delle sue ricerche troverà certamente dei periodi più chiari ed altri più scuri, secondoche più chiari o più oscuri saranno i documenti a cui gli sarà dato di attingere; quando pure il tempo non li abbia irreparabilmente distrutti. Naturalmente una storia così compilata non potrà essere ugualmente completa e ben collegata in ogni punto; e nulla di più facile che vi restino delle lacune, che anche le più ostinate ricerche non riescano a colmare.

244. Il geologo è precisamente nel caso dello storico supposto. Come fu già fatto sentire (§ 38) e come vi apparirà in seguito evidente, il globo ha una storia, precisamente come l'hanno i popoli sparsi sulla sua superficie. Il geologo è lo storico della terra. Suo scopo è questo, di scoprire e radunare tutti gli indizî dei cambiamenti che hanno avuto luogo sulla sua superficie, ordinandoli cronologicamente in guisa da poter tener dietro allo svolgimento del globo dai primissimi tempi sino ad oggi.

245. Ciò che valgono allo storico le carte, le iscrizioni, le medaglie, i libri, valgono pel geologo le rocce componenti la crosta del globo. Esse contengono quanto può bastare ad acquistare agli avvenimenti che

si succedettero sulla superficie e nell'interno del globo un'evidenza storica. Sarà necessario perciò confrontare continuamente ciò che si raccoglie in un luogo con ciò che si osserva in un altro, ed intraprendere lunghi viaggi per osservare dei fatti stranieri alle vostre contrade. Non vi mancheranno lacune pur troppo, che molti anni di studî e di ricerche non varranno a colmare. Le rocce, il sappiamo, furono soggette a rivoluzioni simili a quelle che hanno guasto o distrutto gli archivî e i monumenti delle città e delle nazioni. Al postutto non può il geologo ripromettersi dalle sue ricerche sulla storia del globo altro che una cronaca imperfetta. Ma essa non può mancare d'interessarci vivamente. È la cronaca del nostro pianeta, de' suoi continenti, de' suoi mari; la cronaca dei monti e delle valli, dei fiumi e dei laghi, delle piante e degli animali d'ogni genere che l'hanno popolato; è la cronaca, fino ad un certo punto, della comparsa e dello svolgimento del genere umano.

246. Riguardo alle primissime fasi del nostro pianeta, non si può dire che le rocce ci abbiano fornito fino ad oggi documenti abbastanza attendibili. Quando esso staccossi dal suo padre, il sole, doveva essere una massa infuocata come il sole stesso lo è in oggi ancora. Nessuna roccia di quelle che vediamo in oggi può essersi formata, se non lungo tempo dopo che era avvenuta una tale separazione. Per conseguenza, sebbene le rocce ci permettano di rimontare ben lontano sulla via del passato, non possono dirci nulla per sè stesse di ciò che riguarda le origini del pianeta e le prime fasi del suo svolgimento. La storia dei primissimi tempi non potrà che inferirsi da ciò che altre scienze, e principalmente l'astronomia, ci vanno ogni giorno

svelando circa la costituzione e lo svolgimento dell' universo.

247. Nelle pagine precedenti abbiamo appreso però come possa ogni roccia, ed ogni frantume di roccia, recitarci il suo piccolo brano di storia della terra. Per esempio, siete riusciti a leggere nelle rocce di una petraja quale era il posto di un antico fondo di mare, e quali erano gli animali che lo abitavano (§ 118-131). Avete visto in seguito come una torbiera ci permette di tracciare i limiti di un lago da lungo tempo scomparso e di vedere, direbbesi, ancora i selvaggi padri nostri lanciarvi le loro piroghe (§ 144-152). I letti di carbon fossile ci hanno ricordato le antiche foreste, che a vicenda fiorirono sulla superficie del globo, e scomparvero, pria sommerse nel mare, poi sepolte sotto enormi masse rocciose accumulate sul suo fondo (§ 137 e 212).

248. Così ogni roccia, ogni formazione, narra la sua storia, la quale non è altro in fin de' conti che un brano della storia generale del globo: e questa, che è il grande oggetto della geologia, riuscirà tanto più completa, quanto più perfetti e numerosi saranno gli episodî che separatamente ci raccontano le singole formazioni.

249. Stando alla legge della sovrapposizione degli strati (§ 122), gli inferiori son anche i più antichi. Ma noi possiamo discendere ben poco entro le viscere del globo. Le miniere più profonde non riescono che a qualche centinajo di metri sotto la superficie del globo. Pertanto, se gli strati si trovassero ancora al loro posto, l'uno sopra l'altro in giacitura orizzontale, potremmo esaminare soltanto i più prossimi alla superficie cioè i superiori, che sono anche gli ultimi deposti. Sic-

come però essi strati furono ripiegati, spezzati, sollevati ed abbassati (§ 188 e 218-226), così possiamo esaminare quà e là a tutt'agio, non la serie superficiale soltanto, ma anche gli strati più antichi, i quali non potrebbero altrimenti rinvenirsi che a profondità inaccessibili. Invece di posare orizzontalmente, le rocce stratificate presentano una inclinazione minore o maggiore, sicchè le loro testate, cioè le loro estreme troncature, affiorano alla superficie, come farebbero le pagine di un gran libro (vedi le figure 38 e 39). Benchè adunque gli strati antichissimi, che stanno alla base della serie stratigrafica, siano stati sepolti, dopo la loro formazione, sotto a masse rocciose di migliaja di metri d'altezza, formatesi posteriormente; possono, dico, quegli strati antichissimi, sollevati dagli abissi, coronare in oggi le creste delle più alte montagne (§ 239). Il geologo è adunque dispensato dallo scavare fossati o pozzi per verificare la serie degli strati che si inabissa sotto a' suoi piedi. Dovrà invece darsi la pena di rilevare esattamente le sezioni dei terreni che si presentano alla superficie (come nelle figure 44 e 45), per determinare con sicurezza la serie degli strati; e fatto questo, leggerà con tutto suo commodo negli inferiori la parte più antica, e nei superiori la parte più moderna della cronaca che vi è scritta.

250. La crosta del globo, esaminata fino alla massima profondità che si è potuto fino ad oggi raggiungere, o direttamente per mezzo degli scavi, o indirettamente coll'esame degli strati alla superficie, è principalmente formata di *rocce sedimentari* e di *rocce organiche*. Sono anche le rocce appartenenti a queste due classi quelle che ci forniscono i più chiari documenti della storia del globo. Se tutti gli strati, osservati ed

ordinati in serie fino ad oggi, potessero sovrapporsi gli uni agli altri; formandone una pila, questa misurerebbe probabilmente un'altezza di 20 chilometri e più. Ecco il gran libro che contiene la massima parte della storia del globo.

251. Oltre quello della sovrapposizione degli strati, il geologo ha un altro filo per guidarsi nella determinazione dell'età relativa delle formazioni. Paragonando fra loro le diverse serie di strati che si sono potute stabilire direttamente collo studio delle diverse località. ne uscì fuori il fatto che i fossili, ossia le reliquie di piante e di animali (§ 117) appartenenti ad una serie, sono diversi da quelli che appartengono ad altre. Tornando, per esempio, alla figura 45, voi potete accertarvi che i fossili scoperti nel gruppo *A*, sono specie differenti da quelli del gruppo *B*, e gli uni e gli altri da quelli del gruppo *C*. Così, pigliando le mosse dalle piante e dagli animali che vivono attualmente alla superficie del globo, e scendendo sotterra per andar in cerca di quelli che vissero nei passati tempi, troviamo che i fossili tanto più si scostano dalle forme degli organismi attuali, quanto più si discende nella serie stratigrafica, cioè dalle rocce più recenti alle più antiche. Si è potuto perciò stabilire certe grandi divisioni o gruppi di strati, ciascuno dei quali è caratterizzato da fossili affatto proprî, che invano si cercherebbero in un altro qualunque. Perciò, anche prescindendo dall'ordine di sovrapposizione dei diversi gruppi di strati, noi possiamo fissarne l'età relativa mediante i fossili caratteristici di ciascuno.

252. L'applicazione di questo metodo alla classificazione cronologica delle grandi masse rocciose, condusse i geologi a stabilire certe grandi divisioni; cioè

una serie abbastanza numerosa di *terreni*, divisi ciascuno in un certo numero di *piani*, suddivisi in *zone*. Perciò se si scoprisse anche un solo strato, formante uno scoglio isolato in seno all'oceano, purchè contenga qualche fossile caratteristico, può trovare il suo posto d'ordine in quella serie immensa di strati che compongono la crosta del globo. Con queste ordinate divisioni e suddivisioni di terreni, la storia del globo può leggersi nel gran libro della natura, come la storia dell'umanità in un'opera opportunamente divisa in volumi, libri, capitoli e paragrafi.

253. Coordinando adunque tutti i dati che ci prestano le rocce, può il geologo sentirsi in grado finalmente di ritessere la storia del globo. Può dirvi quante volte si rimutarono i mari e le terre; quante volte e dove eruppero i vulcani nelle diverse regioni del globo; come i continenti si sollevarono l'uno dopo l'altro; come successivamente si formarono i monti e le valli, e quando furono scavati i laghi e le gole delle montagne: e così via via, fino a narrarvi gli universali cambiamenti del clima, per cui le terre un giorno ricoperte di tropicali foreste, si trovarono ricoperte sotto l'artico ghiaccio. Alle rivoluzioni del pianeta quelle si associarono delle piante e degli animali che nella serie dei tempi ne popolarono la sempre mutabile superficie. Voi potete tener dietro allo svolgersi della vita che, manifestatasi dapprima cogli organismi più semplici, si svolge dappoi in continuo progresso, attraverso le lunghe età, con organismi sempre più perfetti (§ 132) fino a raggiungere l'altezza dei tipi onde va superba su tutte le età trascorse l'epoca presente. Così veggonsi comparire sulla faccia del globo l'uno dopo l'altro i diversi ordini di molluschi, di pesci, di rettili

di uccelli, di mammiferi, che tutti, l'uno dopo l'altro, dopo lungo periodo di vita, scompajono per sempre, per dar luogo a nuove specie, a nuovi ordini, finchè novissimo appare, suprema fra le creature terrestri, quell'essere intellitivo e volitivo che si chiama uomo.

254. La storia narrata dalla geologia è fatta per imprimere profondamente nella nostra mente l'idea della grande antichità del nostro pianeta, e per riempirci l'anima di sublimi impressioni, alla vista di quella catena meravigliosa di sconvolgimenti e di rivoluzioni da cui uscì fuori l'ordine attuale. Essa ci fa vedere che i monti e le valli non furono creati come per incanto così come noi li vediamo, ma maturati grado grado, con lento e diuturno lavoro di quegli stessi elementi, che noi troviamo ancora intenti alla grand'opera colla freschezza del primo istante della creazione. Ogni più piccola porzione del pianeta conosce la sua storia, e può ridirla a chi abbia imparato ad interrogarla ammodo. Il fatto poi che maggiormente ci deve colpire è quello che gli attuali abitatori delle terre e dei mari, piante od animali che siano, non sono già le primitive razze che popolarono il mondo dal primo giorno che si verificarono sulla superficie del globo le condizioni della vita. No: le nostre piante, i nostri animali, sono preceduti da altri, e questi da altri ancora, diversi di specie, di genere, di famiglia. Vi ha dunque una storia della terra, e una storia dei viventi in sulla terra. Questa seconda istoria ci addita là in fondo, al principio della creazione animale, dei bassi enti, simili ai foraminiferi scoperti nell'*ooze* dell'Atlantico; poi d'ente in ente, di generazione in generazione, di creazione in creazione, ci guida fino al supremo gradino della scala dell'animalizzazione, fino all'*uomo*,

che pensa e vuole e che, in continua lotta cogli elementi della natura, mentre ad uno ad uno li asserve, obbedisce egli stesso alla legge suprema che li dirige.

CONCLUSIONE.

255. Non entra nel disegno di questo libretto di innoltrarci maggiormente nella storia del globo. Esso vi ha condotti fino al varco da cui potete ammirare la bella prospettiva dell' immensa regione, entro la quale potete a piacer vostro innoltrarvi. Voi çonoscete intanto i principî generali sui quali si basa la storia del mondo. Osservati al lume della scienza geologica ogni ciottolo in sulla via, ogni granello di arena in sulla spiaggia del mare, ha la sua rivelazione da farvi. Voi non potete più accontentarvi di osservare i minerali e le rocce pel semplice motivo che sono belli a vedersi. Oltre le bellezze che appajono, ciascuno di essi ha la sua natura da rivelarvi; ha da dirvi le ragioni del suo essere attuale.

256. Un paesaggio non perderà certo agli occhi vostri il suo incanto, perchè voi cercate di scoprire come nacquero le rocce che formano l' ossatura de' suoi colli, perchè da una parte si slancia verso il çielo una nevosa montagna, mentre dall' altro verdeggia per miglia e miglia un morbido piano. Quando il vostro piede si arresta sulla sponda di un sabbioso torrente, non sentirete nó scemarsi il piacere di vederlo rotare le onde spumanti e di sentirlo muggire, perchè il vostro pensiero intanto vi scorge uno dei ministri più poderosi della natura, che notte e giorno lavora ad affondare il suo letto in seno alla roccia, e a trascinare giù sul piano e in fondo all' oceano le rocce dei

monti. La spiaggia del mare non farà che esercitare sopra di voi un fascino più potente, quando vedrete in ogni scoglio roso dalle onde, in ogni antro scavato ai piedi della rupe, i segni del deperimento delle masse continentali, o quelli della loro risurrezione in ogni montone di sabbia, in ogni banco di çorallo, in ogni più piccolo deposito di quelle rocce, di cui è costrutto l' edificio delle più eccelse montagne.

257. Ogni petraja, ogni frana dove la roccia appare ignuda allo sguardo, diverranno una sorgente di ineffabile diletto, quando prendiate a cercarvi le reliquie delle piante che ombreggiavano le antiche terre, o quelle degli animali che popolavano gli antichi mari. Quei fossili non saranno più per noi oggetti di una sterile meraviglia. Voi saprete, interrogando i libri o i già esperti nella scienza, qual'è il loro nome, e come si avvicinino ai viventi o se ne scostino: nè vi sentirete paghi finchè non sappiate da quegli organismi quali fossero le condizioni dei luoghi in cui vissero un giorno e trovano oggi la tomba.

258. Così non andrà molto che la geologia non sarà più la nojosa che vi condanna ad arruffarvi sui libri; ma vi seguirà, deliziosa compagna, nelle brevi passeggiate come nelle lunghe escursioni. Forse, o lettore, non diventerai geologo giammai; ma non ti avverrà nemmeno di rimpiangere come sciupato il tempo che hai speso nel renderti padrone dei principî fondamentali di una scienza che permette di gettare almeno le prime fila dell' orditura meravigliosa della storia del mondo.

FINE.